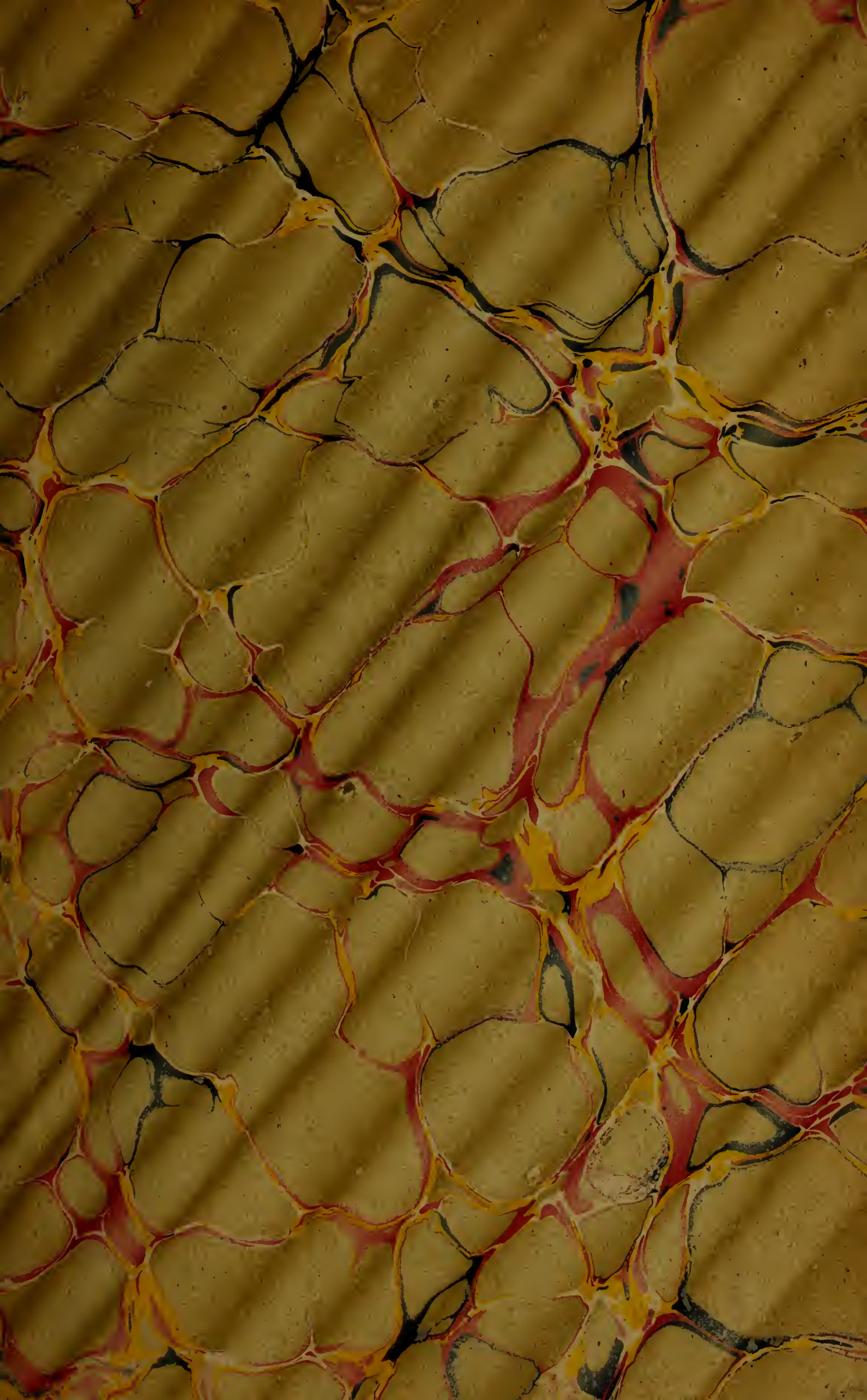
3 1761 07394912 5



LA

FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

A LA MÊME LIBRAIRIE

La Face de la Terre (*Das Antlitz der Erde*), par **ED. SUESS**, traduit de l'allemand et annoté sous la direction de EMM. DE MARGERIE.

TOME I. — **Les Montagnes**. In-8° de XV-835 pages, avec *2 cartes en couleur* et *122 figures*, dont 76 exécutées pour l'édition française, broché. . . . . **20** fr.

TOME II. — **Les Mers**. In-8° de 878 pages, avec *2 cartes en couleur* et *128 figures*, dont 85 exécutées pour l'édition française, broché. . . . . **20** fr.

TOME III. — **La Face de la Terre** : 1re PARTIE. In-8° de XII-530 pages, avec *3 cartes en couleur* et *94 figures*, dont 67 exécutées pour l'édition française, broché. . . **15** fr.

— 2e PARTIE. In-8° de XII-426 pages, avec *2 cartes en couleur* et *124 figures* dont 101 nouvelles (89 exécutées spécialement pour l'édition française), broché. . . **12** fr.

— 3e PARTIE. In-8° de XII-404 pages, avec *1 carte en couleur*, *2 planches* et *92 figures*, dont 80 exécutées spécialement pour l'édition française, broché. . . . . **12** fr.

(Le Tome III et dernier comprendra *quatre* parties. A la 4e partie sera joint un index général de tout l'ouvrage.)

LA
FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

PAR

ED. SUESS

ANCIEN PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE VIENNE (AUTRICHE)
ASSOCIÉ ÉTRANGER DE L'INSTITUT DE FRANCE (ACADÉMIE DES SCIENCES)

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR
ET ANNOTÉ

SOUS LA DIRECTION DE

EMM. DE MARGERIE

TOME III (3e PARTIE)

AVEC 1 CARTE EN COULEUR, 2 PLANCHES ET 92 FIGURES
dont 80 exécutées spécialement pour l'Édition française.

135.262
23/11/14

PARIS
LIBRAIRIE ARMAND COLIN
103, BOULEVARD SAINT-MICHEL, 103

1913

Tous droits réservés.

GB
53
S814
t.3
pt.3

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

QUATRIÈME PARTIE

LA FACE DE LA TERRE (*suite*).

CHAPITRE XVII

Cassures Africaines. — Montagnes du Cap.

I. *Cassures Africaines*, p. 957. — L'Afrique Orientale jusqu'au Lac Rodolphe, p. 957. — Du Lac Rodolphe à la Syrie, p. 968. — Vue d'ensemble sur les fossés de l'Afrique Orientale, p. 982. — Le Cameroun, p. 986. — Plan des fractures africaines, p. 989.
II. *Montagnes du Cap*, p. 994.

CHAPITRE XVIII

Océanides.

Relations avec le Sud, p. 1002. — Avant-fosses considérées comme limites de l'Asie, p. 1011. — Ligne Ruahine-Kermadec-Tonga, p. 1019. — Premier arc australien, p. 1024. — Nouvelle-Guinée, p. 1024; 1. Nouvelle-Guinée Britannique, p. 1026; 2. Nouvelle-Guinée Allemande, p. 1028; 3. Nouvelle-Guinée Néerlandaise, p. 1030; Vue d'ensemble sur la Nouvelle-Guinée, p. 1035. — Iles au Nord-Est de la Nouvelle-Guinée, p. 1037. — Du Nouveau-Mecklembourg à l'Ile Hunter, p. 1040. — Nouvelle-Calédonie, p. 1044. — Deuxième arc australien : Carolines, Iles Fidji, p. 1046. — Troisième arc australien et coup d'œil général; virgation de la Nouvelle-Zélande, p. 1049. — Polynésie, p. 1053. — Iles Hawaii, p. 1056. — Vue d'ensemble, p. 1059.

CHAPITRE XIX

Pénétration des Guirlandes Insulaires de l'Asie en Amérique.

Introduction, p. 1066; Presqu'île de Taimyr, p. 1068.
I. *Anadyrides*, p. 1070. — L'Arc de Verkhoïansk, p. 1070. — Le Delta de la

Léna, p. 1072. — Iana, p. 1074; Indighirka, p. 1076; Kolyma, p. 1082. — Penjina, p. 1083. — Anadyr, Kamtchatka et Kouriles, p. 1085.

II. *Alaskides*, p. 1090. — Les Monts Roumanzov, p. 1096. — La Presqu'île Seward, p. 1102. — La Presqu'île des Tchouktches, p. 1107. — Rapports de l'Asie avec l'Amérique, p. 1111. — Montagnes du Bas Yukon, p. 1114. — Alaska Mountains, p. 1116. — La Presqu'île d'Alaska, p. 1121. — Les Iles Aléoutiennes, p. 1130. — Les Monts Kenai, p. 1132. — Vue d'ensemble des Alaskides, p. 1134.

CHAPITRE XX

La fin des Guirlandes Insulaires.

Introduction, p. 1136.

I. *Les Montagnes Rocheuses*, p. 1143. — Le Sud, p. 1143. — Wyoming septentrional et Montana méridional, p. 1151. — Le Nord, p. 1158.

II. *Le commencement des Montagnes Intermédiaires*, p. 1172.— Les volcans de Wrangell, p. 1172. — La granodiorite colombienne, p. 1177.

III. *La Chaîne du Saint-Élie*, p. 1180. — L'Archipel Alexandre, p. 1184.

IV. *Continuation des Montagnes Intermédiaires*, p. 1188. — La Chaîne de Vancouver, p. 1188. — Plateau Intérieur, p. 1193. — Coupe transversale par 49° de lat. N., p. 1194. — La Chaîne des Cascades, p. 1201. — Idaho, p. 1204.

CHAPITRE XXI

L'apparition des Andes.

Monts Klamath, p. 1207. — Les Coast Ranges de Californie, p. 1214. — Basse-Californie, p. 1223. — Rebord méridional des Plateaux du Colorado, p. 1228. — Mexique, p. 1232. — Succession des couches dans les Montagnes Intermédiaires, p. 1256.

CHAPITRE XXII

L'Édifice Andin; sa double avancée.

Chiapas, Guatemala, Honduras, p. 1264. — Les volcans, p. 1274. — Panama, p. 1280. — Première avancée. Inflexion vers l'Amérique du Sud, p. 1285. — Ecuador, Pérou, p. 1299. — Cordillera Real. Chaînes Argentines, p. 1306. — Cordillera de los Andes et Cordillera de la Costa, p. 1314. — Sierra de la Ventana, p. 1331. — Patagonie, p. 1333. — Seconde avancée, p. 1344. — Résumé général, p. 1357.

TABLE DES PLANCHES ET FIGURES[1]

Pages.

Pl. VIII. Rebroussement de Karroo Poort, d'après Rogers, Schwarz et Du Toit. 1000

Pl. IX. Chief Mountain (Montana), d'après une photographie de Bailey Willis 1160

Pl. X. *La Presqu'île de San Francisco, d'après un relief modelé par A. C. Lawson 1216

Fig. 217. Failles à l'Est du Lac Nyassa, d'après W. Bornhardt 959

— 218. *Volcans des Virunga et fossé du Lac Kivou, d'après une carte publiée dans les *Petermanns Mitteilungen* 963

— 219. *Carte géologique de l'Afrique Orientale Allemande, d'après C. Gagel. 967

— 220. *Cratères géants de l'Afrique Orientale Allemande, d'après Fr. Jaeger. 969

— 221. *Les fossés de l'Afrique Orientale, d'après Emm. de Martonne. 971

— 222. *Carte géologique de l'Abyssinie, d'après G. Dainelli et O. Marinelli. 975

— 223. *Profondeurs de la Mer Rouge, d'après les sondages de la « *Pola* ». 979

— 224. *Ancienne extension du Lac Rodolphe, d'après M. Sacchi, G. De Angelis d'Ossat et F. Millosevich. 985

— 225. *Croquis tectonique de Madagascar, d'après P. Lemoine 991

— 226. *Direction des mouvements glaciaires dans le Nord du bassin de l'Orange, à l'époque de la formation du conglomérat de la Dwyka, d'après A. W. Rogers et A. L. Du Toit. 996

— 227. *Chaînes du Cap. Coupe du faisceau des Zwartebergen à l'Est du village de Prince Albert, d'après A. W. Rogers et A. L. Du Toit. 998

— 228. *Carte d'une partie des chaînes plissées de l'Afrique du Sud, d'après E. H. L. Schwarz. 999

— 229. *Coupe E.-W. de la Terre Victoria le long du Glacier Ferrar, d'après la *National Antarctic Expedition* 1007

— 230. *Carte géologique d'une partie de la Terre Victoria, d'après H. T. Ferrar. 1009

— 231. *Sondages exécutés par le « *Nero* » à l'E. N. E. de l'Ile de Guam, d'après J. M. Flint 1015

1. Les planches et figures dont le titre est précédé d'un astérisque sont ajoutées à l'illustration de l'ouvrage original (81 ont été exécutées spécialement pour l'édition française); les autres sont empruntées à l'édition allemande (F. Tempsky et G. Freytag, éditeurs, Vienne-Prague-Leipzig).

Pages.
Fig. 232. *La fosse des Mariannes, d'après O. Krümmel. 1017
— 233. *Directrices principales de l'Océanie, d'après J. D. Dana. 1021
— 234. *La Nouvelle-Guinée Allemande et l'Archipel Bismarck, d'après A. Sieberg. 1031
— 235. *Coupe prise au Sud-Ouest d'Espiritu-Santo (Nouvelles-Hébrides), d'après D. Mawson 1042
— 236. *Terrasses coralliennes d'Efaté (Nouvelles-Hébrides), d'après D. Mawson. 1043
— 237. *Coupe à travers Viti Levu (Iles Fidji), d'après W. G. Woolnough. 1047
— 238. *Profondeurs du Pacifique Sud-Occidental, d'après P. Marshall. . 1051
— 239. *Coupe à travers Mango (Iles Fidji), d'après E. C. Andrews. . . . 1061
— 240. *Terrasses coralliennes de la côte Nord-Est d'Amboine, d'après R. D. M. Verbeek. 1063
— 241. Le Delta de la Léna, d'après A. Eigner. 1073
— 242. Carte de la région des sources de l'Indighirka (Sibérie Orientale), d'après une planche de l'édition allemande. 1077
— 243. Les Montagnes de Verkhoïansk entre l'Aldan et l'Indighirka, d'après Czerski. 1079
— 244. Esquisse du cours supérieur de l'Indighirka et de la Kolyma, d'après Czerski. 1081
— 245. *Orographie du Kamtchatka, d'après K. Bogdanovitch et N. Leliakin. 1087
— 246. *Coupe à travers la Chaîne du Nord de l'Alaska (Monts Endicott), d'après F. C. Schrader 1097
— 247. *Côte Nord de l'Alaska. Coupe de Point Hope au Cap Beaufort, (Région du Cap Lisburne), d'après A. J. Collier 1100
— 248. *Carte géologique de la Presqu'île Seward (Alaska), d'après Ph. S. Smith. 1105
— 249. *Directrices orographiques de l'Alaska Central, d'après W. C. Mendenhall 1117
— 250. *Coupe à travers l'Alaska Range au Sud-Ouest du Mont McKinley, d'après A. H. Brooks 1119
— 251. *Trois coupes à travers la dépression tertiaire de la Matanuska, d'après G. C. Martin 1121
— 252. *Carte géologique de la Presqu'île d'Alaska, d'après W. W. Atwood. 1123
— 253. *La région pétrolifère du Cook Inlet (Alaska), d'après G. C. Martin. 1127
— 254. *Allure plissée des terrains secondaires à l'Ile Latouche, Prince William Sound, d'après U. S. Grant et D. F. Higgins. 1133
— 255. *Le Grand Canyon du Colorado (Arizona), d'après F. E. Matthes et N. H. Darton. 1139
— 256. Les Plateaux du Colorado, d'après C. E. Dutton 1141
— 257. Les Montagnes Rocheuses à l'Est de Leadville (Colorado), d'après S. F. Emmons. 1145
— 258. Plis « en échelon » sur le bord externe du Colorado Range, d'après S. F. Emmons, W. Cross et G. H. Eldridge. 1147
— 259. *Carte géologique des Monts Bighorn (Wyoming), d'après N. H. Darton 1149
— 260. *Deformations de la base du Terrain Carbonifère dans la Chaîne des Monts Bighorn, d'après N. H. Darton. 1153
— 261. *Coupe à travers la partie culminante des Monts Bighorn, d'après N. H. Darton. 1155

Pages.

Fig. 262. *Carte géologique du Yellowstone National Park, d'après A. Hague, J. P. Iddings et W. H. Weed. 1157
— 263. *Carte géologique du Gallatin Range (Yellowstone National Park), d'après J. P. Iddings et W. H. Weed. 1159
— 264. *Distribution des masses laccolithiques dans les Little Belt Mountains (Montana), d'après W. H. Weed. 1161
— 265. *Recouvrements du Montana, d'après Bailey Willis 1163
— 266. *Structure des Montagnes Rocheuses au voisinage de la Vallée de l'Athabaska (Jasper Park, Alberta), d'après D. B. Dowling . . 1165
— 267. Le Plateau de la Rivière du Cuivre (Alaska), d'après la carte de R. U. Goode 1173
— 268. *Coupe schématique à travers le fossé des Monts Wrangell (Alaska), d'après W. C. Mendenhall. 1175
— 269. *Failles récentes de la Baie de Yakutat (Alaska), d'après R. S. Tarr et L. Martin 1185
— 270. *Géologie de la Côte Sud-Est de l'Alaska (Archipel Alexandre), d'après C. W. Wright. 1189
— 271. *Massif granodioritique de Castle Rock (Monts Okanagan, 49e parallèle), d'après R. A. Daly. 1195
— 272. *Divisions orographiques de l'Ouest Canadien au voisinage du 49e parallèle, d'après R. A. Daly. 1197
— 273. *Coupe schématique du batholithe composite d'Okanagan, d'après R.A. Daly 1199
— 274. *Coupe le long du Yakima River (Washington), d'après G. O. Smith. 1202
— 275. Les Monts Klamath, d'après J. S. Diller. 1208
— 276. *Coupe du versant occidental de la Sierra Nevada dans le Comté d'Amador (Californie), d'après H. W. Turner. 1210
— 277. *Extension du batholithe granodioritique de la Sierra Nevada (Californie), d'après H. W. Turner. 1211
— 278. *Croquis tectonique d'une partie des Chaînes tertiaires du Sud de la Californie, d'après R. Arnold et R. Anderson 1219
— 279. L'embouchure du Colorado, d'après W. Lindgren. 1225
— 280. *Le Pic d'Orizaba vu du Sud-Est, d'après un croquis inédit de W. M. Davis 1237
— 281. *Éruptions successives du Jorullo, d'après E. Ordoñez. 1240
— 282. *Distribution des Rhyolites au Mexique, d'après E. Ordoñez. . . 1243
— 283. *Coupes à travers la Sierra de Santa Rosa (Mexique), d'après C. Burckhardt 1244
— 284. *Carte géologique de la Sierra de Santa Rosa (Mexique), d'après C. Burckhardt 1245
— 285. *Coupe des deux versants de la Vallée de Concepcion del Oro (Mexique), d'après C. Burckhardt. 1249
— 286. *Traits généraux de l'orographie du Mexique Central, d'après J. Felix et H. Lenk. 1251
— 287. *Extension des mers crétacées le long du Littoral Pacifique des États-Unis, d'après J. S. Diller et T. W. Stanton 1261
— 288. *Croquis tectonique d'une partie de l'Amérique Centrale, d'après K. Sapper 1267
— 289. *Carte géologique du Chiapas et du Guatemada, d'après C. Sapper 1271

Pages.

Fig. 290. *Déplacements de la ligne de partage des eaux dans l'Isthme de Nicaragua, d'après C. Willard Hayes. 1277
— 291. *Coupe établie suivant le tracé du Canal de Panama, d'après M. Bertrand et Ph. Zürcher 1281
— 292. *Directrices tectoniques du Venezuela, d'après W. Sievers. . . . 1295
— 293. *Réseau de cassures de la Vallée du Magdalena (Colombie), d'après H. Stille. 1297
— 294. *Distribution des principaux centres volcaniques dans les Andes de la Colombie et de l'Équateur, d'après A. Stübel 1301
— 295. *Coupe à travers les Cordillères du Nord du Pérou, d'après G. Steinmann 1303
— 296. *Coupe de la Chaîne du Huascaran ou Cordillera Blanca (Pérou Septentrional), d'après G. Steinmann. 1304
— 297. *Distribution des dépôts jurassiques supérieurs dans les Cordillères Chilo-Argentines, d'après C. Burckhardt. 1317
— 298. *Coupes échelonnées de Puente del Inca à l'Aconcagua (Andes Argentines), d'après W. Schiller. 1319
— 299. *Andes Argentines. Coupe de la Vallée du Rio Malarguë, d'après C. Burckhardt 1321
— 300. *Esquisse tectonique de la région comprise entre Las Lajas (République Argentine) et Curacautin (Chili), d'après C. Burckhardt. 1322
— 301. *Tracé de la ligne de partage des eaux dans le Sud de la Patagonie, d'après P. D. Quensel. 1325
— 302. Lignes directrices de la Sierra de la Ventana, d'après R. Hauthal. 1332
— 303. *Carte géologique de la région comprise entre le Lago Argentino et le Seno de la Ultima Esperanza, d'après R. Hauthal. 1335
— 304. *Andes de Patagonie. Coupe du Mont Stokes à la branche Nord du Rio Coyle, d'après R. Hauthal 1337
— 305. *Carte géologique du Sud de la Patagonie, d'après P. D. Quensel. 1339
— 306. *Carte géologique des Iles Falkland ou Malouines, d'après T. G. Halle 1346
— 307. *Carte géologique de la Terre de Graham et des îles voisines, d'après J. Gunnar Andersson 1353
— 308. *Carte bathymétrique de l'Antarctide Américaine, d'après W. S. Bruce. 1355

Ont collaboré à la traduction du Tome III (3e Partie) :

MM. Baulig (Henri), chargé de Conférences de Géographie à la Faculté des Lettres de l'Université de Rennes.

Lemoine (Paul), Docteur ès Sciences, chef des travaux de Géologie appliquée à l'École des Mines, chef des travaux de Géologie au Laboratoire colonial du Muséum d'Histoire Naturelle.

Vacher (Antoine), Docteur ès Lettres, chargé du Cours de Géographie à la Faculté des Lettres de l'Université de Lille.

Toutes les indications ajoutées par les traducteurs, dans le texte ou en notes infrapaginales, ont été mises entre crochets [....].

Les renvois aux pages des Tomes I, II, III (1re et 2e parties) s'appliquent à l'édition française.

Sauf indication contraire, les longitudes, dans le texte et sur les cartes, sont rapportées au méridien de Greenwich.

Les notes et références bibliographiques ont été traduites, vérifiées sur les documents originaux et mises à jour par Emm. de Margerie.

CHAPITRE XVII

CASSURES AFRICAINES. — MONTAGNES DU CAP[1]

I. *Cassures Africaines.* L'Afrique Orientale jusqu'au Lac Rodolphe. — Du Lac Rodolphe à la Syrie. — Vue d'ensemble sur les fossés de l'Afrique Orientale. — Le Cameroun. — Plan des fractures africaines.
II. *Montagnes du Cap.*

I. — Cassures Africaines[2].

L'Afrique Orientale jusqu'au Lac Rodolphe[3]. — En 1881, Joseph Thomson écrivait : « Il semble y avoir des arguments suffisants pour montrer qu'à une certaine époque antérieure à la nôtre, une grande ligne d'activité volcanique s'étendait depuis le Cap, par le Nyassa, l'Ugogo, le Kilimandjaro, jusqu'à l'Abyssinie, parallèlement à la côte et assez près de l'Océan[4] ». Une opinion semblable fut formulée par Douvillé en 1886, et ce géologue indiquait même déjà la faille abyssine

[1. Traduit par Paul Lemoine et Emm. de Margerie.]

[2. Voir le t. I du présent ouvrage, p. 535, appendice du chap. IV : *Les fractures de l'Afrique orientale*, par H. Schirmer.]

[3. Sur la géologie de l'Afrique Orientale, consulter : E. Krenkel, *Zur Geologie des zentralen Ost-Afrika* (Geol. Rundschau, Zeitschr. f. allg. Geol., I, Leipzig, 1910, p. 205-224 et 268-271 ; renferme une Bibliographie de 69 art. numérotés). Voir aussi J. Kuntz, *Beitrag zur Geologie der Hochländer Deutsch-Ostafrikas mit besonderer Berücksichtigung der Goldvorkommen* (Zeitschr. f. prakt. Geol., XVII, 1909, p. 205-232, fig. 41-48); H. Meyer, *Das Deutsche Kolonialreich, Eine Länderkunde der Deutschen Schutzgebiete*, I. Bd. : *Ostafrika und Kamerun.* In-8°, Leipzig-Wien, 1909, p. 1-416, nombreuses fig., phot. et cartes, en particulier p. 25-38 et chapitres descriptifs (accompagnés d'une *Geologische Karte von Deutsch-Ostafrika.* Bearbeitet von Curt Gagel, 1908. 1 : 6 000 000, avec notice; abondante Bibliographie, p. 407 et suiv.); H. B. Muff, *Report relating to the Geology of the East Africa Protectorate* (Colonial Reports, Nr. 45, E. Afr. Prot.). London, 1908.]

4. J. Thomson, *Notes on the Geology of East Central Africa*; in : *To the Central African Lakes and back : The Narrative of the Royal Geographical Society's East Central African Expedition, 1878-80.* 2 vol. in-8°, London, 1881; II, p. 304.

et la Mer Morte, jusqu'au Liban, comme en étant la prolongation [1]. Mais ce fut seulement après que le comte Teleki et le lieutenant von Höhnel eurent pénétré, en venant du Sud, jusqu'au 5° de lat. N., en 1887-88, qu'il devint possible de se faire une idée de la situation [2].

A partir d'une grande distance au Sud se poursuit, à travers l'Afrique Orientale, un crevassement tout à fait singulier de l'écorce terrestre. Ce grand accident ne se termine qu'après avoir recoupé la Syrie et après s'être épanoui à l'intérieur des arcs externes des chaînes plissées du Taurus. Il se maintient, parallèle au méridien, sur de longues distances, et parfois prend brusquement, sur une certaine longueur, une direction oblique vers le N. W ou le N. E., mais en revenant toujours à la ligne N.-S; il affecte une préférence marquée pour le voisinage de 36° de long. E. La carte géologique de la Colonie du Cap [3] marque depuis 29° 49′ de lat. S. environ jusqu'à 28° 11′ une faille méridienne suivant le 23° de long. E., faille qui recoupe des sédiments très anciens.

Le Karroo se termine vers l'Est par une falaise (I, p. 499). A son pied se trouvent, près de la mer, les restes des Monts Pondo, dont nous reparlerons plus loin. Vers 27° 30′ de lat. S., commence une faille méridienne très importante, qui se poursuit sur environ 4 degrés de latitude, dans le voisinage du 27e méridien; c'est ce que Molengraaff a appelé la *grande faille de l'Est*. Elle coupe vers l'E. les granites anciens du Swaziland et met à leur contact une longue bande affaissée de grès du Karroo, à laquelle succède vers l'Est une bande également allongée de diabase et d'amygdaloïdes mélaphyriques. Celle-ci est appelée sur les cartes *Monts Lebombo* [4]. Elle forme dans le Zoulouland et le Mozambique la limite des couches mésozoïques plus récentes et des plaines qui bordent la côte orientale [5].

1. H. Douvillé, *Examen des fossiles rapportés du Choa par M.* Aubry (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XIV, 1885-1886, p. 240).

2. L. R. v. Höhnel, A. Rosiwal, F. Toula und E. Suess, *Beiträge zur geologischen Kenntniss der östlichen Afrika* (Denkschr, k. Akad. Wiss. Wien., Mathem.-naturwiss. Cl., LVIII, 1891, p. 447-584, 10 pl. dont 3 cartes).

3. A. W. Rogers, *Geological Map of the Colony of the Cape of Good Hope*, 1 : 238 000, Sheet 45, 1907.

4. G. A. F. Molengraaff, *Géologie de la République Sud-Africaine du Transvaal* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., I, 1901, p. 13-92, pl. I : carte à 1 : 1 500 000, pl. II : coupes; en particulier p. 86).

[5. Sur les terrains secondaires et tertiaires de la bordure orientale du continent Africain, voir E. Fraas und E. Dacqué, *Beobachtungen über den ostafrikanischen Jura* (Centralblatt für Min., 1908, p. 641-651, 5 fig.); E. Dacqué und E. Krenkel, *Jura und Kreide in Ostafrika* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXVIII, 1909, p. 150-232, avec Bibliographie); E. Dacqué, *Dogger und Malm aus Ostafrika* (Beitr. zur Pal. u. Geol. Oesterr.-Ung. u. d. Orients, XXIII, 1910, p. 1-62, pl. I-VI); E. Dacqué, *Der Jura im Umkreis des lemurischen Kontinentes* (Geol. Rundschau, I, 1910, p. 148-168, 1 carte dans le t.; renferme une Bibliographie de 54 art. numérotés); E. Scholz, *Beiträge zur Kenntnis der deutsch-ostafrikanischen Tertiärablagerungen* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXII, 1910, Monatsberichte, p. 368-

Molengraaff considère la faille des Monts Lebombo comme appartenant au système des failles est-africaines.

Dans leur forme typique, les failles en *graben* commencent seulement un peu au Sud de 15° de lat. S. Au Lac Shirwa [Chiroua], le rebord oriental paraît coïncider avec une cassure; le niveau du lac est à peu près à 500 mètres d'altitude; des sondages y ont reconnu jusqu'à 786 mètres de profondeur [1]. Le cours inférieur du Chiré se trouve compris entre deux failles parallèles qui, plus au Nord, encadrent le *Lac Nyassa* (504 m.). Bornhardt [2] a découvert sur le haut plateau gneissique qui s'étend à l'Est de ce lac, de multiples failles méridiennes (fig. 217), avec des fosses où sont affaissées les couches du Karroo, qui contiennent les restes de la flore de Gondwana [3]. Le graben du Nyassa,

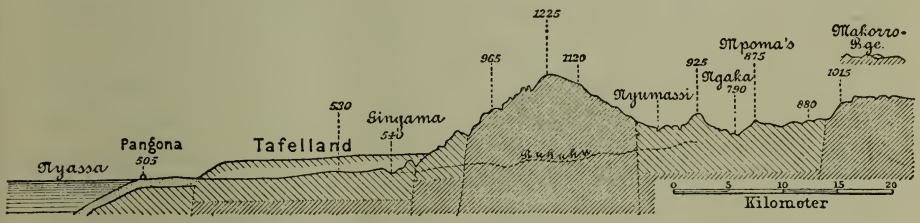


FIG. 217. — Failles à l'Est du Lac Nyassa, d'après W. Bornhardt (*Deutsch Ost-Afrika*, Bd. VII, Berlin, 1900, Atlas, carte n° II).

Grisé serré : terrains archéens; grisé lâche : grès du Karroo. — Échelle des longueurs 1 : 700 000 ; hauteurs exagérées 10 fois.

dont l'axe se trouve, dans le Sud, par 34° 30′ de long. E., s'infléchit vers le N.W. à partir de 10° 15′ environ ; sa largeur, qui atteint au début 40 à 50 kilomètres, est ici de 30 kilomètres.

A côté des observations de Bornhardt, nous allons suivre maintenant les données de Dantz [4].

379, 2 pl.). Voir aussi la monographie de E. Fraas, *Ostafrikanische Dinosaurier* (Palaeontographica, LV, 1908, p. 105-144, pl. VIII-XII); Edw. Hennig, *Am Tendaguru. Leben und Wirken einer Deutschen Forschungs-Expedition zur Ausgrabung vorweltlicher Riesensaurier in Deutsch-Ostafrika*. In-8°, 151 p., 1 carte, 1 pl., 70 fig. Stuttgart, 1912.]

1. [J. E. Moore], Geogr. Journ., London, XIV, 1899, p. 319.

2. W. Bornhardt, *Zur Oberflächengestaltung und Geologie Deutsch-Ostafrikas* (*Deutsch-Ost-Afrika*; *Wissenschaftliche Forschungsresultate über Land und Leute unseres ostafrikanischen Schutzgebietes und der angrenzenden Länder* veröffentlicht im Auftrage und mit Unterstützung der Kolonial-Abtheilung des Auswärtigen Amtes, Bd. VII). In-8°, XVIII-595 p., 53 fig., 29 pl. et 9 cartes, Berlin, 1900; en particulier p. 161, 193, 434. Voir aussi Potonié, ibid., p. 495 et suiv. Aperçu d'ensemble dans E. Freih. Stromer von Reichenbach, *Die Geologie der deutschen Schutzgebiete in Afrika*. In-8°, München-Leipzig, 1896, p. 8-104, carte géol.

[3. Il en est de même à l'Ouest du Lac Nyassa, d'après A. R. Andrew and T. E. G. Bailey : *The Geology of Nyassaland, with a description of the fossil flora by* E. A. N. Arber, etc. (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LXVI, 1910, p. 189-252, pl. XVIII et XIX, appendice paléontologique par R. B. Newton et R. Traquair, fig., cartes et coupes dans le texte).]

4. Dantz, *Die Reisen des Bergassessors Dr. — in Deutsch-Ostafrica in den Jahren 1898, 1899, 1900* (Mittheil. von Forschungsreisenden und Gelehrten aus den Deutsch. Schutzgeb., XV, 1902, p. 34 et suiv., carte n° 2; et surtout XVI, 1903, p. 127, 136, 188). Voir aussi ibid., XIII, 1900, p 41.

Tout d'abord, on trouve au delà de l'extrémité Nord du Nyassa, dans le pays de Kondé, une bande d'alluvions. Puis vient un groupe imposant de volcans récents, avec plusieurs cratères (Rungwe, 3 170 m.); ils se trouvent dans la fosse elle-même. Là, elle se divise. Une branche, le *graben de Rua*, se dirige vers le N.E.; son bord oriental n'est pas aussi net que son bord occidental. Celui-ci va rejoindre plus loin le bord occidental du grand graben est-africain. L'autre branche de la fosse du Nyassa se prolonge jusqu'à une grande distance vers le N.W., en suivant à peu près la direction des gneiss; elle contient le *Lac Rukwa* [Rikoua], qui n'a pas d'écoulement.

Le graben du Rukwa se perd vers 7°; mais dès 8° 45′ apparaît plus à l'Ouest, avec une direction N.N.W., le long *graben du Tanganyka*. Sprigade a montré que la rivière M'kamba contourne au Nord l'extrémité du bord occidental du graben du Rukwa, et va se jeter au Nord de Karema dans le Tanganyka [1]. C'est là un exemple de l'indécision si remarquable du tracé des lignes de partage des eaux, dans les territoires les plus anciens, que Livingstone, Cameron et surtout Cornet ont mis en évidence [2]. Les cassures et les affaissements atteignent vers l'Ouest le bassin du Congo. Les Lacs Bangweolo et Moero sont décrits, il est vrai, comme étant marécageux et sans profondeur [3]; mais déjà Cameron et Stanley signalent une source chaude sur la route du Lualaba. Entre le Tanganyka et le Lac Moero, sur le bord Est de la dépression marécageuse de Wantipa, qui est bien limitée et presque autonome, L. A. Wallace a découvert des sources thermales, au pied d'une falaise abrupte, ayant plus de 240 mètres de hauteur [4].

P. Reichard mentionne le petit cône volcanique de Sambalulu et, non loin de celui-ci, à l'Est du Lac Upemba, une des lagunes qui accompagnent le cours du Lualaba des sources chaudes [5]. Enfin Cornet a montré que le Lualaba, avec les lagunes en question, se trouve compris dans un graben depuis 9° 15′ jusqu'à 7° 45′ de lat. S. Celui-ci, que

1. P. Sprigade, *Begleitworte zu der Karte der Gebiete am Südlichen Tanganjika- und Rukwa-See* (Mitteil. aus den Deutsch. Schutzgeb., XVII, 1904, p. 97, 98, carte 2).

2. J. Cornet, *Observations sur les terrains anciens du Katanga faites au cours de l'expédition Bia-Francqui, 1891-93* (Annales Soc. Géol. de Belgique, Liége, XXIV, 1896-97, Mém., p. 25-191, pl. I : coupe; en particulier p. 108).

[3. Voir la carte de Frank H. Melland, *Sketch Map of the South-East Corner of the Bangweulu Swamps inhabited by the Wa-Unga...* 1 : 500 000 (Geogr. Journ., XXXVIII, 1911, pl. en regard de la p. 456).]

4. L. A. Wallace, Geogr. Journ., XIII, 1899, p. 614 et suiv., carte; les levés géologiques de Buttgenbach concernent un itinéraire situé un peu plus au Nord; H. Buttgenbach, *Observations géologiques faites au Marungu, 1904* (Annales Soc. Géol. de Belgique, XXXII, 1904-05, Mém., p. 315-327, pl. XII, XIII : carte et coupe).

5. P. Reichard, *Bericht über die Reise nach Urua und Katanga* (Mittheil. d. Afrikan. Gesellsch. in Deutschland, IV, 1883-1885, p. 304). C'est là que le compagnon de Reichard, le Dr Böhm, succomba à la fièvre, le 27 mars 1884.

Cornet désigne sous le nom de *graben de l'Upemba*, est dirigé du S.W. au N.E.; sa longueur est de 200 kilomètres, et sa largeur de 30 à 45 kilomètres. Il est limité au Nord-Ouest par les Monts Hakansson et au Sud-Est par les Monts Manika. Des sources chaudes jalonnent le bord oriental du graben; mais on en retrouve aussi sur la Lufila, de l'autre côté des Monts Manika [1].

Stanley avait déjà reconnu que le Tanganyka occupe une fracture de la croûte terrestre. La carte de Sprigade montre qu'en partant du Sud, sa largeur reste très régulièrement voisine de 35 kilomètres jusque vers 7° 30′, où la rive orientale s'écarte quelque peu en arrière; puis, entre 7° 20′ et 7°, elle s'infléchit encore davantage, de sorte qu'à partir de ce point, la largeur de la dépression dépasse légèrement 50 kilomètres. Il est possible que des failles parallèles courent le long des rives. Les bords sont d'ailleurs très élevés; le niveau du lac est à 899 mètres et, vers son extrémité Nord, le bord oriental atteint 2500 mètres, le bord occidental 3290 mètres. Les hauts-pays, des deux côtés du lac, sont formés de micaschistes, de talcschistes et de quartzites plissés et fortement redressés. A l'Est du Tanganyka s'étendent sur ce substratum des grès, appartenant probablement à la série du Karroo.

Au Nord du lac, le graben conserve la même largeur; sa direction s'incurve peu à peu du N. vers le N. N. E. Là se trouve, entre 2° 30′ et 1° 40′ de lat. S., le *Lac Kiwu* [Kivou], découvert seulement en 1894 par von Götzen (fig. 218).

Herrmann nous apprend ce qui suit [2] : l'extrémité Nord du lac est marquée par une source sulfureuse chaude; à environ 70 kilomètres de là se trouve un large seuil, traversant le graben en biais et incomplètement affaissé. Il est constitué par des micaschistes, que recoupent vers le Sud des basaltes, et accompagné de sources chaudes. Le bord Sud de ce massif se trouve à 980 mètres; sur son bord Nord, le Lac Kiwu est à l'altitude de 1455 mètres, et la rivière Russisi [Rousizi] traverse cette saillie par une chute de 475 mètres, ouvrant ainsi au Kiwu un débouché vers le Tanganyka. Sur le bord occidental du Kiwu, l'arête du haut-pays atteint 3500 mètres; celle du bord oriental s'élève jusqu'à 2800 mètres. Au Nord-Est du lac, le bord oriental recule, en dessinant une sorte d'amphithéâtre. Sur ce point s'élève la puissante masse

1. J. Cornet, *Les Dislocations du bassin du Congo*; *I. Le Graben de l'Upemba* (Annales Soc. Géol. de Belgique, XXXII, 1904-1905, Mém., p. 205-234, pl. VIII, IX : carte et coupes); le même, *Sur la distribution des sources thermales au Katanga* (Ibid., XXXIII, 1905-1906, Mém., p. 41-48).

2. Herrmann, *Das Vulkangebiet der zentralafrikanischen Grabens* (Mitteil. aus den Deutsch. Schutzgeb., XVII, 1904, p. 42-64, carte et fig.); v. Beringe, *Reisen im Gebiet der*

des *volcans des Virunga* (*Mfumbiro*). Hermann y a compté huit hauts sommets portant des cratères (Karissimbi 4475 m.). Leurs laves, surtout leucitiques, vont s'amonceler sur le bord occidental du graben; vers le S.E., elles ne s'étendent pas d'une manière continue jusqu'au bord de la dépression, de telle sorte qu'il s'y forme une chaîne de petits lacs. Des cratères plus petits s'observent en descendant jusqu'au Lac Kiwu.

Au Nord des volcans des Virunga, le graben reprend son allure ordinaire. Au delà de 1° de lat. S., une large plaine lacustre annonce l'approche du *Lac Albert-Édouard*; nous nous trouvons dans le bassin du Nil; les volcans des Virunga forment, dans le graben, la limite avec le bassin du Congo[1].

Le Lac Albert-Édouard (915 m.) est dominé au N.E. par la plus haute montagne non volcanique de l'Afrique, le *Ruwenzori*. Stanley l'aperçut le premier, en 1888; Stairs l'atteignit en 1889 et le prit pour un volcan; Stuhlmann a montré, en 1891, que c'était un paquet de terrains anciens, compris entre deux dislocations; Scott Elliot a traversé ce massif plusieurs fois; Grauer a gravi un premier contrefort; enfin le Duc des Abbruzzes a atteint le sommet le plus élevé, le *Pic Margherita* (5 064 m.)[2]. Le Ruwenzori est un horst long d'environ 80 kilomètres,

Kirungavulkane (Ibid., XIV, 1901, p. 20-39, carte 2). Le volcan actif Namlagira est décrit par G. A. Graf von Götzen, *Durch Afrika von Ost nach West. Resultate und Begebenheiten einer Reise von der Deutsch-Ostafrikanischen Küste bis zur Kongomündung in den Jahren 1893/94*. Gr. in-8°, XII-417 p., 2 cartes, Berlin, 1895, nombreux passages; voir en particulier Kersting, bid., p. 233 et suiv. [Sur les volcans des Virunga, voir en outre la relation du voyage du Grand-Duc Adolphe-Frédéric de Mecklembourg: *Ins Innerste Afrika*. In-8°, XII-476 p., nombr. pl. et fig., 3 cartes, Leipzig, 1909; et les monographies de Egon Fr. Kirchstein, L. Finckh, M. Weiss, publiées dans le recueil: *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral-Afrika-Expedition 1907 bis 1908 unter Führung* Adolf Friedrichs, Herzogs zu Mecklenburg, Band I. Geologie, Meteorologie, Topographie. Voir aussi H. Meyer, *Auf neuen Wegen durch Ruanda und Urundi, Ost-Afrika* (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk., 1912, p. 107-135, fig. 4).]

[1. Sur le relief et la topographie des régions comprises entre le Lac Kivou et le Lac Albert, voir Major R. G. T. Bright, *The Uganda-Congo Boundary Commission. Summary Report* (Geogr. Journ., XXXII, 1908, p. 488-493); art. suivi d'une Note intitulée : *Levelling between the Nile and Congo Basins* (Ibid., p. 493-494, carte h. t. à 1 : 2 000 000); le même : *Survey and Exploration in the Ruwenzori and Lake Region, Central Afrika* (Ibid., XXXIV, 1909, p. 128-156) : commentaire d'une superbe carte à 1 : 750 000, insérée dans le même vol. (p. 240) et intitulée : *Central Equatorial Africa. Survey of the Uganda-Congo Boundary on the Western Frontier of the Uganda Protectorate, by the British Commission under the Command of* Lieut.-Col. R. G. T. Bright, *1907-08*. — Consulter en outre : Capitaine J. Maury, *Les travaux scientifiques le long de la frontière orientale du Congo* (Le Mouvement Géographique, Bruxelles, XXIX, 1912, col. 217-221); *La description de la frontière orientale du Congo Belge* (Ibid., col. 253-260, carte dans le texte à 1 : 2 000 000).]

2. Duke of the Abruzzi, *The Snows of the Nile. Being an Account of the Exploration of the Peaks, Passes, and Glaciers of Ruwenzori* (Geogr. Journ., London, XXIX, 1907, p. 121-147, carte, phot.). [Voir aussi : S. A. R. Duca degli Abruzzi, *Esplorazione nella catena del Ruwenzori* (Boll. Soc. Geogr. Ital., XLIV (ser. 4ª, VIII), 1907, p. 99-127, 5 pl. phot., 2 pl. cartes); et surtout le grand ouvrage du même voyageur : S. A. R. Il Principe Luigi Amedeo di Savoia, Duca degli Abruzzi, *Il Ruwenzori. Viaggio di esplorazione e prime ascensioni delle piu alte vette vella catena nevosa situata fra i grandi laghi equatoriali dell' Africa Centrale*. Relazione dell Dott. Filippo De Filippi, illustrata da Vittorio Sella. Milano, 1908. In-8°, XII-358 p., 25 pl., 5 pano-

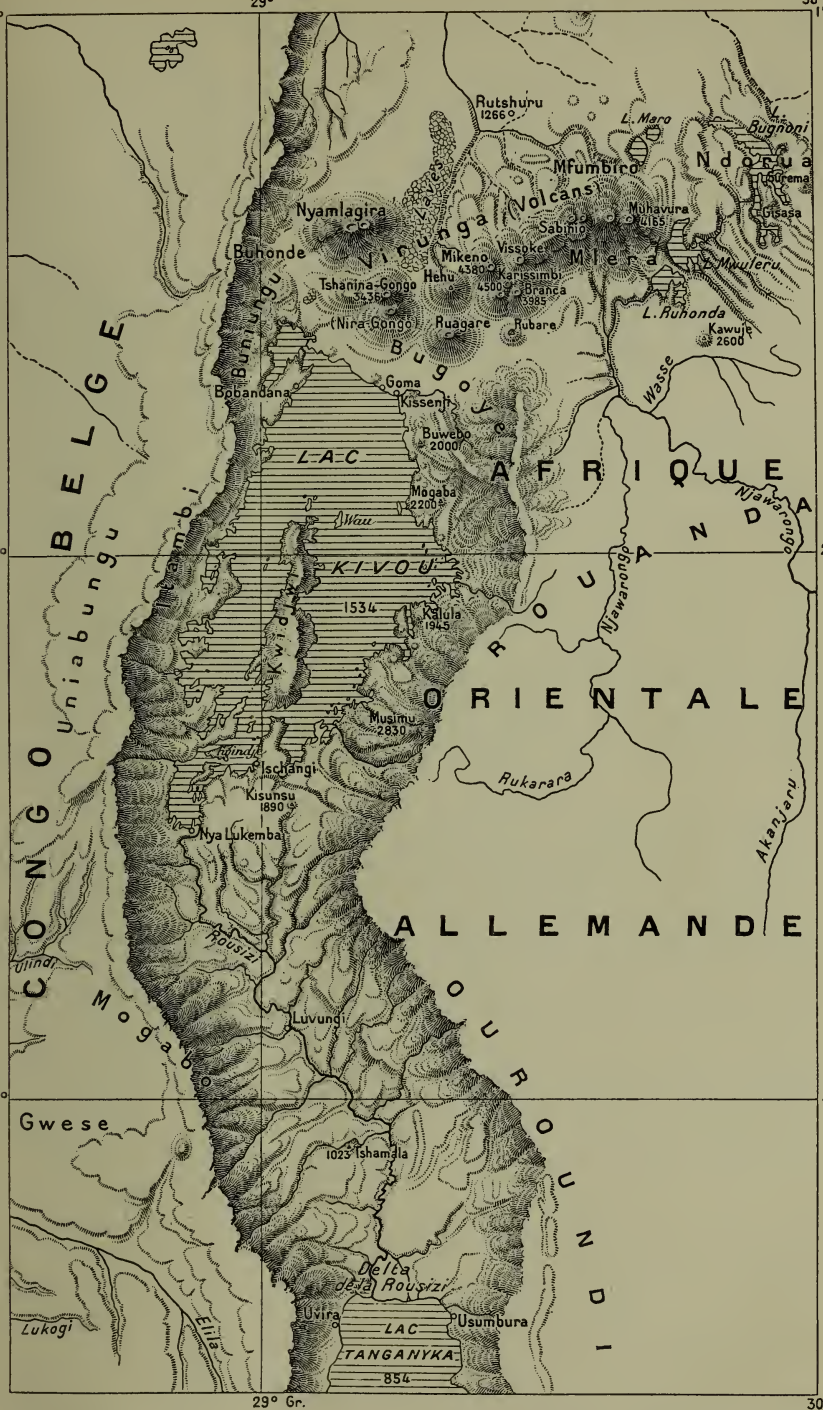


FIG. 218. — Volcans des Virunga et fossé du Lac Kivou, d'après une carte publiée dans les *Petermanns Mitteilungen* (LVII, 1911 (I), pl. 46).

Échelle de 1 : 1 500 000 environ.

qui, à l'intérieur du graben, en suit le bord oriental, avec des pentes plus escarpées vers l'Ouest. Les parties les plus élevées semblent être constituées par un gneiss granitique. De petites montagnes cratériformes se trouvent à son pied, vers l'Est et vers le Sud[1].

Il est curieux que ce horst soit d'environ 2000 mètres plus élevé que le pays environnant, dont il représente cependant une portion.

Au delà du Lac Albert-Édouard, les parois du graben se maintiennent parallèles et la largeur n'est guère diminuée ; il abrite encore le *Lac Albert* (590 m.) ; puis les eaux du lac se précipitent aux Chutes Murchison, et le graben se termine[2].

Les contours différents, plus circulaires du Victoria Nyanza, ses rives en grande partie plates, sa situation autonome et centrale, ont d'abord fait croire qu'il représentait, au milieu de la région des effondrements, un bassin sans profondeur; mais déjà Stuhlman considérait sa rive occidentale comme une fracture[3]. Dans l'Ankolé, c'est-à-dire en allant vers le Lac Albert-Édouard, on a signalé de nombreux petits cratères[4]. Herrmann distingua un certain nombre de fractures entre le Lac Victoria et le Tanganyka. Après avoir exploré les territoires situés au Sud, Dantz est arrivé à la conclusion que le lac résultait d'un effondrement circulaire d'une faible amplitude, en indiquant une fracture sur le bord Nord du Golfe de Speke[5]. Il est bien possible

ramas phot., 6 cartes (dont 1 carte topogr. et 1 carte géol. à 1 : 40000), 168 fig. dans le texte. Trad. française publiée par Alfred Poizat, sous le titre de : S. A. R. le Prince Louis-Amédée de Savoie, Duc des Abruzzes, *Le Ruwenzori. Voyage d'exploration et premières ascensions des plus hautes cimes de la chaîne neigeuse située entre les grands lacs équatoriaux de l'Afrique Centrale...* Paris, 1909. In-8°, x-456 p., 24 pl., 5 panoramas, 5 cartes, 180 fig. dans le texte. — Consulter, en outre : Captain T. T. Behrens, *The most reliable values of the heights of the Central African Lakes and Mountains* (Geogr. Journ., XXIX, 1907, p. 307-326, phot. et croquis dans le texte): Douglas W. Freshfield, *The Conquest of Ruwenzori : a Note* (Ibid., p. 326-329); Captain E. O. Henrici, *The Height of Ruwenzori* (Ibid., XXXVIII, 1911, p. 607-608 : « 16790 feet with a probable error of ± 20 feet »).]

1. G. F. Scott Elliot, *The Geology of Mount Ruwenzori and some adjoining Regions of Equatorial Africa* (Quart. Journ. Geol. Soc., LI, 1895, p. 669-680, carte de la p. 671). [Voir aussi R. Almagià, *I risultati geologici della Spedizione di S. A. R. il Duca degli Abruzzi al Ruwenzori* (Boll. Soc. Geogr. Ital., XLV (ser. 4ª, IX), 1908, p. 257-263); et surtout A. Roccati, *Osservazioni geologiche nell' Uganda e nella Catena del Ruwenzori. Osservazioni petrografiche.* Estratto dal vol. II dell' opera *Il Ruwenzori. Parte scientifica.* In-8°, Milano, 1909, p. 1-229, pl. I-XXXVIII, 2 cartes géol.; renferme, p. 1-4, une Bibliographie de 91 art.]

2. Lorsqu'on vient du S. E. au Nord du Ruwenzori, il faut d'abord descendre une falaise de 500 pieds de hauteur qui domine une plaine, évidemment formée d'alluvions. Pour atteindre la Semliki, l'on franchit encore des terrasses échelonnées sur 400 pieds; A. B. Fisher, *Western Uganda* (Geogr. Journ., XXIV, 1904, p. 256, carte).

3. F. Stuhlmann, *Mit Emin Pascha ins Herz von Africa.* Gr. in-8°, cartes, nombreuses fig. et pl., Berlin, 1894, p. 728; p. 834, il est dit que toute la région comprise entre les grands lacs est traversée de fentes méridiennes.

4. H. Johnston, *The Uganda Protectorate, Ruwenzori, and the Semliki Forest* (Geogr. Journ., XIX, 1902, p. 24). [Sur les nombreux cratères éteints de l'Ankolé, voir le bel ouvrage de Sir Harry Johnston, *The Uganda Protectorate*, 2ᵉ ed., 2 vol. in-8°, London 1904, I, p. 124 et suiv.]

5. Herrmann, *Der geologische Bau des deutschen Westufers des Victoria-Nyansa* (Mitteil.

qu'un jour, par conséquent, la vaste région comprise entre les deux fossés arrive à être considérée comme un champ de fractures.

C'est seulement au Sud-Est du plateau de l'Unyamwesi [Ounyamouézi] que la disposition des diverses cassures redevient plus nette (fig. 219). Leur allure a été étudiée surtout par Osc. Baumann, H. Meyer et C. Uhlig. Dantz en a figuré le tracé[1].

En gros, il paraît y avoir une disposition rayonnante dans la direction du Kilimandjaro et de l'origine du graben est-africain, qui se trouve dans le voisinage. Le fossé de la steppe de Wemberé est dirigé N.E.; les prolongements du bord Ouest de la dépression de Rua, venant du Nord du Nyassa, s'orientent N.N.E.; en avant de la cassure principale, par 4° 28′, se trouve le volcan Gurué (3 100 m.); cette cassure principale (« zone de fracture » d'Uhlig) vient rejoindre au Lac Natron le bord Ouest du graben est-africain. Un horst d'une assez grande largeur, venant du Sud, paraît s'étendre jusqu'au bord septentrional des Monts Litema, au Sud du Kilimandjaro. Le graben du Pangani est dirigé N.N.W, son bord oriental est formé par les Monts Paré et par les pentes occidentales de l'Usambara[2].

La steppe affaissée de *Wemberé* mérite quelque attention. D'après Baumann, à 70 kilomètres de son origine, le fond de ce fossé est à 1120 mètres; ses bords ne sont pas très hauts, mais nettement marqués[3]. Vers le N. E., le plateau s'élève progressivement jusqu'à 2 020 mètres; en même temps, le fond du graben s'abaisse de plus en plus. Le graben se termine au Lac salé Eyassi (1 050 m.) qui, d'après Jaeger,

aus den Deutsch. Schutzgeb., XII, 1899, p. 168-173); Dantz, Ibid., XV, 1902, p. 63, 165, 199. Voir aussi E. Gedge, *Somes Notes on the Victoria Nyanza* (Proc. R. Geogr. Soc. London, new. ser., XIV, 1892, p. 322-323); et Capt. H. G. Lyons, *On the Variations of Level of Lake Victoria* (in W. Garstin, *Report upon the Basin of the Upper Nile, with proposals for the improvement of that River*. In-4°, Cairo, 1904, Appendix III, p. 19). [Voir aussi H. G. Lyons, *Earth-Movements at Lake Victoria* (Cairo Scientific Journal, II, 1908, p. 385-391; Geogr. Journ., London, XXXIII, 1909, p. 328). Une critique plus serrée de ces observations paraît avoir établi qu'il ne s'agit pas, en réalité, de mouvements du sol : les fluctuations constatées proviendraient d'un simple déplacement des échelles de lecture.]

1. Osc. Baumann, *Durch Massailand zur Nilquelle. Reisen und Forschungen der Massai-Expedition des deutschen Antisklaverei-Komite in den Jahren 1891-1893*. In-8°, XIV-385 p., 1 carte, Berlin, 1894; en particulier p. 133 et suiv.; H. Meyer, *Der Kilimandjaro, Reisen und Studien*. In-8°, XVI-436 p., nombreuses pl. phot., 2 cartes, Berlin, 1900; en particulier p. 288-342; Dantz, Mitteil. aus den Deutsch. Schutzgeb., XVI, 1903, carte 2.

2. Les données me manquent pour apprécier l'importance des affleurements de roches éruptives signalés au Mont Jombo (4° 26′ de lat. S., 39° 3′ de long. E., syénite à néphéline avec filons de camptonite) et dans l'île voisine de Wasin; J. W. Gregory, *Contributions to the Geology of British East Africa*, Part III (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LVI, 1900, p. 223-229, pl. XII). Ces deux points sont situés au voisinage de la frontière anglo-allemande.

3. Baumann, ouvr. cité, p. 139; Stromer von Reichenbach, ouvr. cité, p. 66, et dans d'autres publications. Fr. Jaeger décrit le Ngorongoro comme s'étant formé non par explosion, mais « probablement par le renfoncement du magma, non encore tout à fait solidifié, dans la cheminée »; *Vorläufiger Bericht über eine Forschungsreise in das abflusslose Gebiet Deutsch-Ost-Afrikas* (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, 1908, p. 264).

est fermé au N.E. par deux volcans. Plus loin, vers le N.E., se trouve le grand cratère du Ngorongoro, situé non loin du bord occidental du graben est-africain. A l'Est du Lac Eyassi, on voit encore un graben

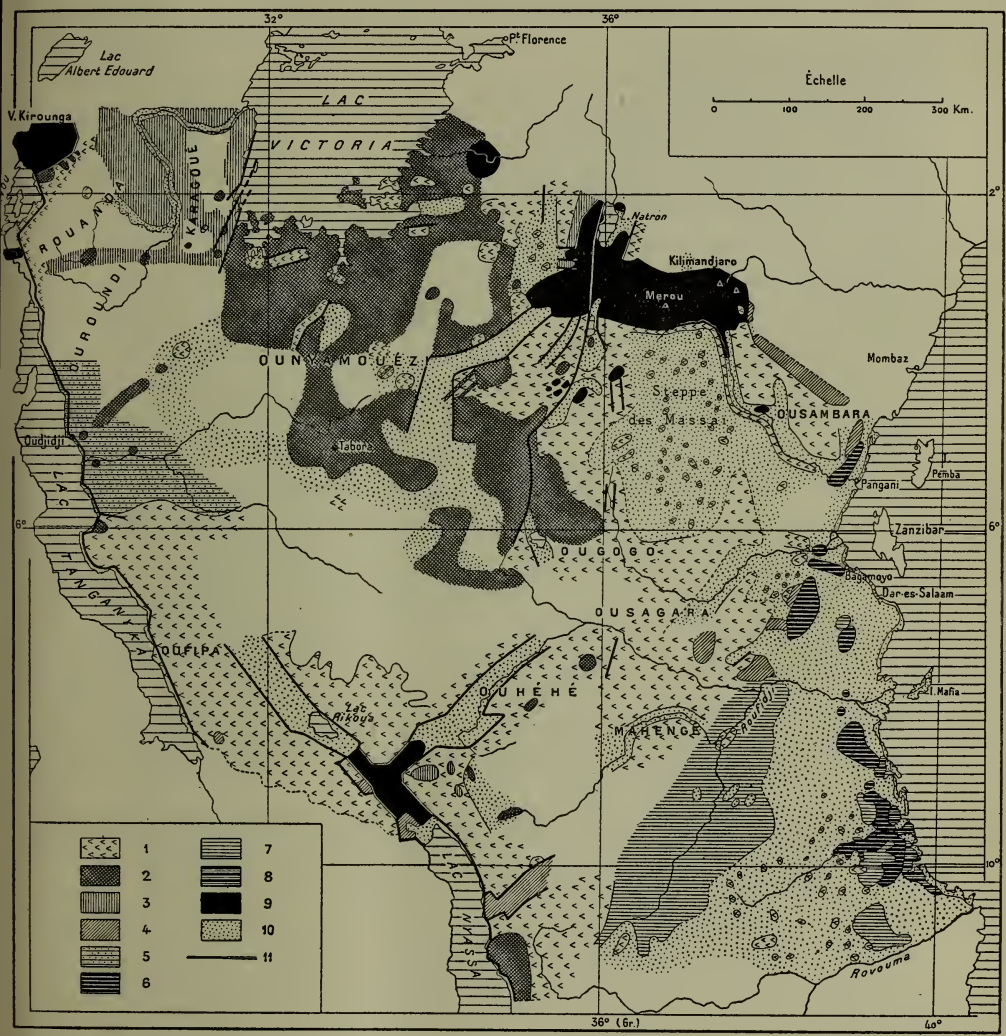


FIG. 219. — Carte géologique de l'Afrique Orientale Allemande, d'après Curt Gagel (*in* H. Meyer, *Das Deutsche Kolonialreich*, I. Bd. In-8°, Leipzig-Wien, 1909, p. 416).

1. Gneiss et schistes cristallins; 2. Granite et roches éruptives anciennes; 3. Schistes et quartzites (paléozoïques?); 4. Couches du Karroo (Permo-Trias); 5. Grès et argiles rouges mésozoïques; 6. Calcaires et marnes jurassiques et crétacés à fossiles marins; 7. Couches de Makondé (grès à Dinosauriens); 8. Tertiaire marin; 9. Roches volcaniques; 10. Alluvions, dépôts récents et récifs coralliens; 11. Failles. — Échelle de 1 : 10 000 000.

analogue, où se trouve le Lac Hohenlohe, découvert par Werther. Le pays de Wemberé est constitué en grande partie par du granite et du

gneiss; sa partie Nord-Est, ainsi que les bords du Lac Eyassi, est formée par des laves.

Du Lac Rodolphe à la Syrie. — Le *fossé de l'Afrique Orientale*, c'est-à-dire la zone qui s'étend sur huit degrés de latitude depuis le Kilimandjaro (3° de lat. S.) jusqu'à l'extrémité Nord du Lac Rodolphe (5° de lat. N.), a fait l'objet, dans ces dernières années, d'explorations nouvelles; elles sont dues pour tout le Sud, jusqu'à 1°30′ de lat. S., à Uhlig et Jaeger, pour le Kilimandjaro à H. Meyer, et pour le Kenia à Gregory; mais les grandes lignes de la structure, telles que L. von Höhnel les a fait connaître et telles que Toula les a figurées sur sa carte, n'ont guère été modifiées (fig. 221)[1]. Ces études ont confirmé, en particulier, la conclusion que des affaissements linéaires, affectant l'allure de fossés, se sont produits dans tout ce territoire. En outre, les lignes de fractures traversent tantôt les terrains anciens et tantôt les laves qui les recouvrent, de telle sorte qu'à l'intérieur de la dépression se trouvent des horsts de terrains anciens à côté de horsts purement volcaniques. Il arrive même que des volcans récents ont été affectés par les cassures. C. Uhlig a constaté que le bord du graben, au Sud-Ouest du Lac Natron, est formé par plusieurs escarpements successifs; le bord Ouest est constitué par les terrains anciens; une falaise médiane recoupe trois grands volcans, de telle sorte que leurs coulées de laves s'arrêtent au sommet d'un abrupt, dominant sa base d'environ 1 000 mètres[2].

Le bord Ouest a plus d'unité que le bord Est. On peut le suivre avec une direction N.N.E. à partir de 6° lat. S. L'escarpement de Mau commence par 3° 25′ et se poursuit d'une façon ininterrompue, au moins jusqu'à 1° de lat. N. Il est constitué en majeure partie, mais

1. C. Uhlig, *Der sogenannte Grosse Ostafrikanische Graben zwischen Magad* (*Natron-See*) *und Laua ya Mueri* (*Manyara-See*) (Geogr. Zeitschr., XIII, 1907, p. 478-505, pl. 12-14 : phot. et carte); H. Meyer, ouvr. cité; J. W. Gregory, *The Great Rift Valley, being the Narrative of a Journey to Mount Kenya and Lake Baringo*. In-8°, 442 p., cartes, London, 1896; J. W. Gregory, *Contributions to the Geology of British East Africa*, Part II. *The Geology of Mount Kenya* (Quart. Journ. Geol. Soc., LVI, 1900, p. 205-222, pl. X-XII, dont 1 carte), et ailleurs; F. Toula, *Geologische Uebersichts-Karte des Forschungs-Gebietes der Graf Samuel-Teleki'schen Expedition in Ost-Afrika*, 1887-88, accompagnant le mém. cité. Esquisse tectonique, ibid., p. 576, fig. 2. [Voir aussi C. Uhlig, *Die Ostafrikanische Bruchstufe und die angrenzenden Gebiete zwischen den Seen Magad und Lawa ja Mweri sowie dem Westfuss des Meru. Wissenschaftliche Ergebnisse der Ostafrikanischen Expedition der Otto Winter-Stiftung* (Mitteil. aus den Deutschen Schutzgebieten, Ergänzungsheft N° 2). Teil I : Die Karte. In-4°, 63 p., 2 cartes à 1 : 150 000 (1° 40′ à 4° de lat. S.), Berlin, 1909.]

2. C. Uhlig, *Bericht über die Expedition der Otto Winter-Stiftung nach den Umgebungen des Meru* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., 1905, p. 121). Le même observateur, dont les travaux sont si méritoires, signale qu'il a constaté au Nord-Ouest du Lac Natron (Magab) le recouvrement des laves par des quartzites passant à des micaschistes, et il émet l'hypothèse, sous toutes réserves d'ailleurs, que la formation du fossé (*graben*) aurait été accompagnée d'un chevauchement (Geogr. Zeitschr., XIII, 1907, p. 489, 501). Il y aurait lieu d'examiner si l'on n'a pas affaire à des filons-couches. Aucun autre exemple de recouvrement ne m'est connu dans toute la région des cassures africaines.

non exclusivement, par des laves. Au Nord se dresse, en avant de lui, le horst étroit de terrains anciens de Kamassia. L'escarpement de Suk, continuation de celui de Mau, s'éloigne dans la direction du N.N.W. et ne revient que vers le milieu du *Lac Rodolphe*, sur le bord Ouest de

FIG. 220. — Cratères géants de l'Afrique Orientale Allemande, d'après Fr. Jaeger (*Mitteil. aus den Deutschen Schutzgebieten*, Ergänzungsheft N° 2, carte 1, 1911).
Échelle de 1 : 900 000.

celui-ci. Ainsi prend naissance, au Sud-Ouest du lac, entre les rivières Trrguel et Kerio, un champ de fractures indépendant.

Le bord Est ne devient continu qu'à partir de 2° 30′ de lat. S. ; il est influencé par l'apparition de grands plateaux de lave, dans lesquels dominent des falaises en escalier, comme dans le Kikuyu, au Sud-

Ouest du Kenia, et dans le Leikipia, au Nord-Ouest du même massif. A cet ensemble s'ajoutent les grands volcans eux-mêmes. On peut donner comme exemples le Kilimandjaro [1], avec les sommets du Kimawensi (5 148 m.) et du Kibo (5 888 m.), puis le Meru (4 558 m.) [2], qui paraissent jalonner une fracture transversale mais qui, en même temps, sont sans doute superposés aux graben venant converger sur ce point à partir du Sud; le Donje Ngai, encore actif, le Gelei, et beaucoup d'autres tels que le Sussua, le Longonot, le Tshibtsharanjani; à une plus grande distance vers l'Ouest, l'Elgon (4 558 m.); à l'Est, le Kenia (5 138 m.), l'Andrews (en activité, sur le bord de la steppe Sukuta), le Teleki (en activité), les volcans de l'Ile Höhnel, le Kulall, puis le Lubbur sur la côte Nord-Ouest du Lac Rodolphe [3]. Il faut enfin citer encore une fois le cratère du Ngorongoro (fig. 220), qui a 20 kilomètres de diamètre, entre 3° et 3° 30′ de lat. S. [4].

Entre ces bords de fracture, ces horsts et ces montagnes volcaniques, les eaux se rassemblent dans un long chapelet de lacs sans écoulement. Le niveau du Manyara est de 1 010 mètres; celui du Lac Natron, de 608 mètres; à partir de ce point, l'altitude des lacs successifs augmente jusqu'au Naiwasha (1 869 m.), puis redescend jusqu'au Lac Rodolphe (400 m.).

De nombreuses sources chaudes jaillissent dans le fossé; en son milieu, dans une île du Lac Baringo, il y a des eaux thermales intermit-

[1. Voir Fr. Jäger, *Forschungen in den Hochregionen des Kilimandscharo* (Mitteil. aus. d. Deutsch. Schutzgebieten, XXII, 1909, p. 113-146, pl. IX-XVI : phot., 2 pl. cartes); L. Finkh, *Die Rhombenporphyre des Kilimandjaro* (Rosenbusch-Festschrift. In-8°, Stuttgart, 1906, p. 373-398, 1 pl.); A. Lacroix, *Sur quelques roches ijolithiques du Kilima-Ndjaro* (Bull. Soc. Fr. de Minéralogie, XXIX, 1906, p. 90-97).]

[2. Voir Fr. Jäger, *Der Meru* (Geogr. Zeitschr., XII, 1906, p. 241-252, pl. 4, 5 : phot.); B. Mauritz, *Ueber einige Gesteine des Vulkans Meru in Ostafrika* (Mineralog.-petrogr. Mitteil., XXVII, 1908, p. 315-326); *Die Tätigkeit des Vulkans Meru* (Geogr. Zeitschr., XVII, 1911, p. 278-281, fig.).]

3. Encore en juillet 1895, Donaldson Smith a vu le volcan Teleki fumer et émettre des lueurs la nuit, à distance, il est vrai; A. Donaldson Smith, *Expedition through Somaliland and Lake Rudolf* (Geogr. Journ., VIII, 1896, p. 230). En mai 1897, Cavendish se trouvait aux environs; il rapporte, d'après les dires des indigènes, que six mois auparavant le lac s'était élevé jusqu'au volcan et qu'une violente explosion s'était produite; on ne voyait plus, alors, qu'une surface de lave. Par contre, à 4 ou 5 km. plus au Sud, un nouveau volcan, haut de 130 pieds, le Lubbur, s'était formé. A environ 80 km. au Sud du lac, Cavendish découvrit ensuite le volcan actif Sugobo ou Andrews, haut de 300 pieds; H. S. H. Cavendish, *Through Somaliland and around and South of Lake Rudolf* (Geogr. Journ., XI, 1898, p. 390 et suiv.). La relation de Wellby, qui remonte à 1899 (Ibid., XIV, 1899, p. 318, et XVI, 1900, p. 298), laisse douteux le point de savoir si ce voyageur n'aurait pas pris le volcan Lubbur pour le volcan Teleki. Tous ces faits auraient besoin d'être élucidés.

[4. Voir Fr. Jaeger, *Das Hochland der Riesenkrater und die umliegenden Hochländer Deutsch-Ostafrikas*. Ergebnisse einer amtlichen Forschungsreise ins abflusslose Gebiet des nördlichen Deutsch-Ostafrika 1906-07. Teil I. In-4°, 133 p., 3 pl., 3 cartes, Berlin, 1911 (Mitteil. aus d. Deutsch. Schutzgebieten, Ergänzungsheft 4); Teil II. Länderkundliche Beschreibung. VI-213 p., 50 fig., 16 pl., 3 cartes, 1913 (Ibid., Ergänzungsheft 8).]

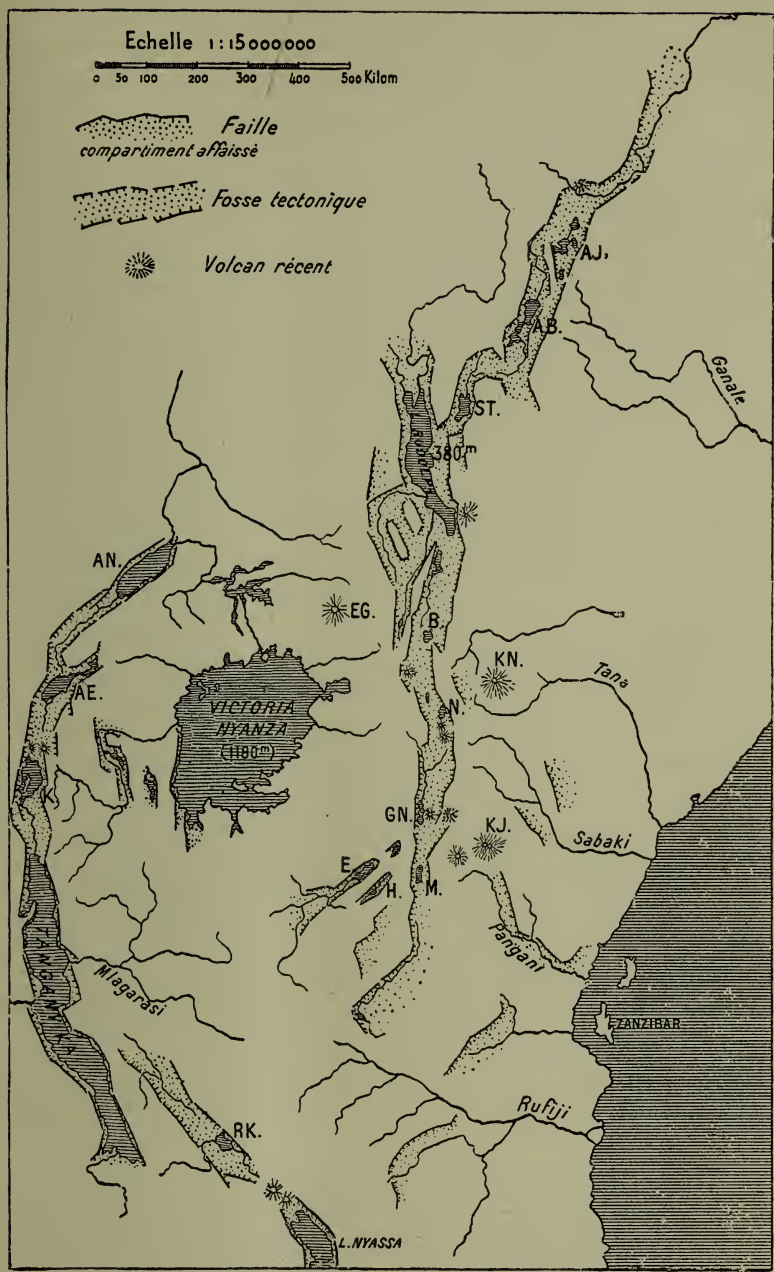


FIG. 221. — Les fossés de l'Afrique Orientale, d'après Emm. de Martonne (*Traité de Géographie Physique*. In-8°, Paris, 1909, p. 487, fig. 219).

AN, Lac Albert; AE, Lac Albert-Édouard; K, Lac Kivou; RK, Lac Rikoua; E, Lac Eiassi; H, Lac Hohenlohe; M, Lac Manyara; GN, Lac Guasso Nyiro; KJ, Mont Kilimandjaro; KN, Mont Kenia; N, Lac Naiwasha; EG, Mont Elgon; ST, Lac Stéphanie; AB, Lac Abbaï; AJ, Lac Afdjada.

tentes. A beaucoup d'autres égards, le graben est-africain apporte des enseignements nouveaux sur la manière d'être du volcanisme. Ainsi Gregory pense que le Kenia est un volcan si profondément démantelé qu'un noyau de roches cristallines grenues (kenyte) y a été mis à jour; et Mackinder, qui a réussi à gravir le pic le plus élevé, a effectivement rapporté de ce sommet une roche analogue, que Sollas a fait connaître [1].

Au Nord-Ouest du Lac Rodolphe, il est certain qu'on trouve encore des affleurements très étendus de roches anciennes (Lamarr, sur la carte de von Höhnel); mais une dépression peut bien s'étendre d'une façon continue jusqu'au Lac Stéphanie. Max Weber, en s'appuyant principalement sur les déterminations de Neumann et sur celles des explorateurs italiens, a tracé une esquisse du graben depuis le Lac Rodolphe jusqu'au pays des Danakil; il admet, en invoquant le témoignage de K. Schmidt, que le fossé du Lac Rodolphe s'aplanit vers le Nord, et que du tiers septentrional du Lac Rodolphe se détache une branche qui se dirige au N.E. vers le Lac Stéphanie. Ceci concorde assez bien, d'ailleurs, avec les anciennes observations [2].

Le fossé s'infléchit alors vers le N.E., et se prolonge entre les hautes terres de l'Abyssinie, au Nord, et le massif Somali (Diddi, haut-pays des Aroussi), au Sud; on le suit ainsi jusqu'à Addis-Ababa et Ankober. Sur la région qui se trouve au delà du Lac Stéphanie, les voyages de Bottego et l'étude que De Angelis d'Ossat et Millosevich ont faite des collections du très regretté Sacchi ont apporté beaucoup de lumière [3]. Non seulement le côté Est et le Nord du Lac Stéphanie sont constitués par des roches volcaniques; mais il en est de même de tout le massif de l'Omo inférieur, par 5° 30′, jusqu'au *Lac Margherita* (Abbaï ou Pagadé); le côté Est de ce lac est basaltique; le côté Ouest est formé par des roches liparitiques. Les données d'Erlanger et Neumann nous ont d'ailleurs appris que le long chapelet de lacs qui jalonnent le graben à partir du Lac Stéphanie, par le Tchamo (Gandjulé), le Lac Margherita, et jusqu'à 8° de lat., se trouvent entièrement ou presque entièrement entourés de roches volcaniques récentes. Il se produit là, en

1. H. J. Mackinder, *A Journey to the Summit of Mount Kenya, British East Africa* (Geogr. Journ., XV, 1900, p. 481). Ce géographe attribue au Kenia une altitude un peu moindre. [Voir aussi L. Finckh, *Die Trachydolerite des Kibo und die Kenyte des Kenya* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LV, 1903, Monatsber., p. 14), et l'étude du même auteur : *Die von F. Jaeger in Deutsch-Ostafrika gesammelten Gesteine* (*in* Fr. Jaeger, *Das Hochland der Riesenkrater*, etc. Teil I, Berlin, 1911, p. 71-85).]

2. Max. Weber, *Die petrographische Ausbeute der Expedition* O. Neumann-v. Erlanger *nach Ostafrika und Abessynien 1900-1901* (Mitteil. Geogr. Gesellsch. München, I, 1906, p. 637-660, pl. XXI : carte).

3. G. De Angelis d'Ossat e F. Millosevich, *Seconda Spedizione* Bottego. *Studio geologico sul materiale raccolto da* M. Sacchi (publié par la Società Geografica Italiana). In-8°, x-212 p., 4 pl., 2 cartes, Roma, 1900.

outre, les séparations et les jonctions les plus diverses. Neumann a trouvé que le Lac Tchamo et le Lac Margherita sont dépourvus d'écoulement aux basses eaux; aux hautes eaux, ils communiquent par la rivière Sagan avec le Lac Stéphanie. Le groupe de lacs situés au Nord de 7° de lat. (Schale, Lamina, Korre) est isolé par le volcan Fike; le volcan Aluto les sépare du Lac Zouaï [1].

Entre le Lac Zouaï et Addis-Ababa s'élève le *Mont Zukuala,* dont le cratère abrite un lac sacré. Là se termine le fossé abyssin et l'on pénètre dans la vaste région volcanique de l'*Afar* (Danakil). Elle est bordée à l'Ouest par l'escarpement méridien du haut plateau de l'Abyssinie, constitué par des gneiss et une couverture de terrains mésozoïques (fig. 222); au Sud, elle est limitée par le bord septentrional, dirigé E.-W., du massif Somali, constitué par des sédiments mésozoïques horizontaux. Le même bord Nord du pays Somali forme plus loin le rivage méridional du Golfe Arabique. Vers le Nord-Est, l'Afar s'étend jusqu'à la Mer Rouge [2].

C'est un pays très inhospitalier, couvert de volcans, de champs de laves et de sources chaudes. Plusieurs régions se trouvent au-dessous du niveau de la mer. Le Lac Assal, près de Tadjoura, est à — 170 mètres. Les éruptions volcaniques ne sont pas rares; en juin 1907, le volcan d'Afdera (près de la côte, au Nord de 13°) a, dit-on, formé un nouveau cratère, et une grande coulée de lave en est sortie. Des renseignements plus précis sur certaines régions ont été fournis surtout par Dainelli et Marinelli. D'après eux, le Lac Alel Bad, dans le Nord de l'Afar, occupe

1. Voir en particulier C. Freiherr v. Erlanger, *Reise in den Galla-Ländern* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, XXVIII, 1901, p. 240, pl. 8 : carte; et O. Neumann, *Von der Somali-Küste durch Sud-Äthiopien zum Sudan* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, 1902, p. 7-32, pl. I : carte); en particulier Neumann, p. 17, 30; Ed. Graf Wickenburg, *Von Dschibuti bis Lamu* (Petermanns Mitteil., XLIX, 1903, p. 193-198, pl. 16-21 : cartes). Voir aussi Ph. Maud, *Explorations in the Southern Borderland of Abyssinia* (Geogr. Journ., XXIII, 1904, p. 552-579, carte). [Voir aussi la carte de M. Chesneau : *Éthiopie méridionale et Région de la frontière soudanaise*, 1 : 5 000 000 (dans *L'Année Cartographique* de F. Schrader, 12e année, 1901); Major C. W. Gwynn, *A Journey in Southern Abyssinia* (Geogr. Journ., XXXVIII, 1911, p. 113-139; avec carte à 1 : 2 000 000 (p. 232), intitulée : *Recent Surveys in Southern Abyssinia* : s'étend du Lac Rodolphe à Harrar et du Juba au Sobat).]

2. Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwis. Cl., LVIII, 1891, p. 567 et suiv.; Vicomte Edm. de Poncins, *Voyage au Choa. Explorations au Somal et chez les Danakils* (Bull. Soc. Géogr., 7e sér., XIX, 1898, p. 454-457); G. E. Fritzsche, *Die Karawanenstrasse von Zeila nach Ankober und die Kartographie der Grenzgebiete der Somali, Afar und Galla* (Petermanns Mitteil., XXXVI, 1890, p. 113-118, pl. 9); U. Grubenmann, *Beiträge zur Geologie von Abessynien* (Mitteil. Thurgau. Naturforsch. Gesellsch., Frauenfeld, XII, 1896, 20 p.); et beaucoup d'autres publications, énumérées dans G. Dainelli, O. Marinelli e A. Mori, *Bibliografia geografica della Colonia Eritrea I. Anni 1891-1906* (jointe à la Rivista Geogr. Ital., XIV, 1907, p. 1-72). [Voir aussi G. Dainelli e O. Marinelli, *Geologia della regione Etiopica* (*in* : Arcangelo Ghisleri, *Atlante d'Africa*. Bergamo, 1909. In-4°, p. 133-140, 9 fig. cartes et profils, 3 cartes géol. en couleurs, pl. 31-32); H. Arsandaux, *Contribution à l'étude des Roches alcalines de l'Est Africain* (Extrait des *Comptes rendus scientifiques de la Mission Duchesne-Fournet*). In-4°, Paris, 1906, 100 p., 12 tableaux, 8 pl. phot., 2 pl. pétrogr.]

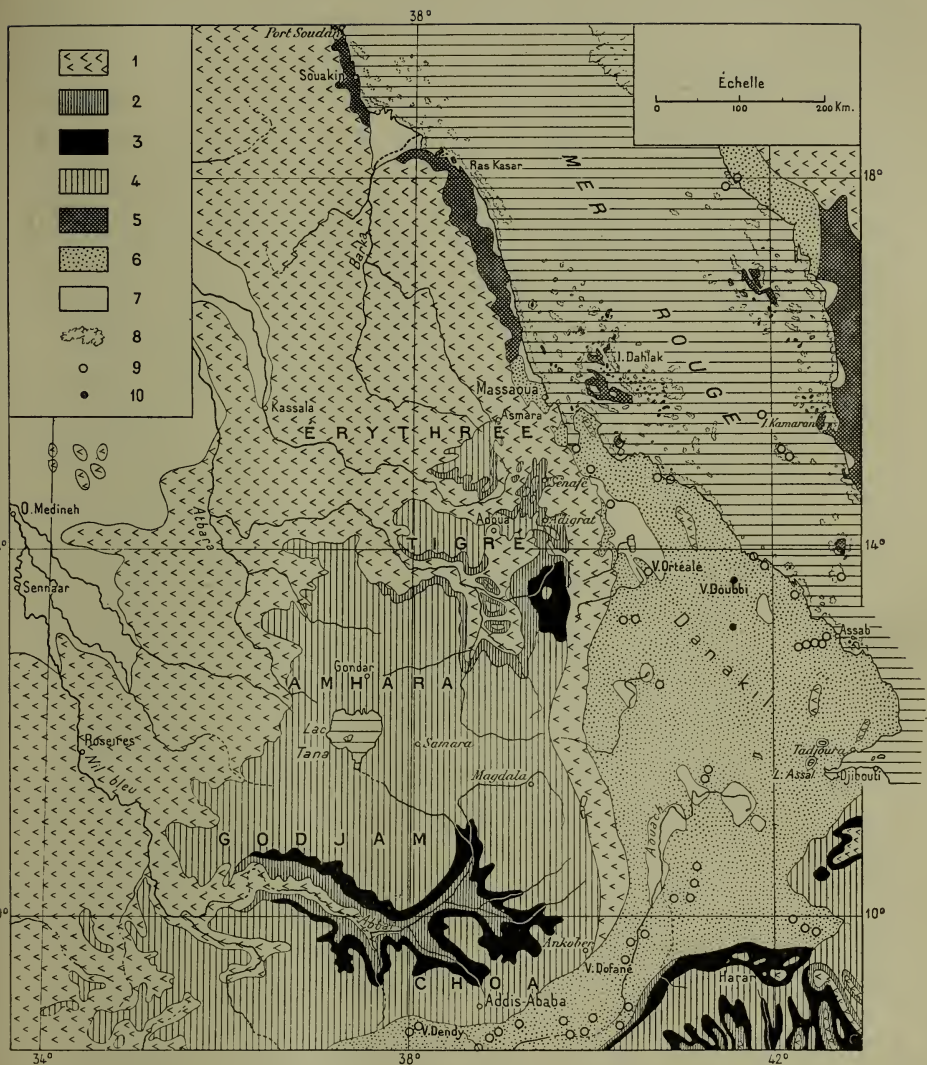


FIG. 222. — Carte géologique de l'Abyssinie, d'après G. Dainelli et O. Marinelli (*in* : A. Ghisleri, *Atlante d'Africa*. In-4°, Bergamo, 1909, p. 31-32).

1. Roches cristallines et métamorphiques; 2. Grès d'Adigrat; 3. Calcaire d'Antalo; 4. Trapps des plateaux; 5. Série d'Aden; 6. Terrains volcaniques récents; 7. Alluvions, sables, etc.; 8. Récifs de coraux; 9. Volcans éteints; 10. Volcans actifs. — Échelle de 1 : 9 000 000.

le fond d'une dépression qui s'allonge du N.W. au S.E., et dont 5 000 kilomètres carrés environ se trouvent au-dessous du niveau de la mer : la moitié de cet espace est située au-dessous de — 100 mètres. Le point le plus bas se trouve à — 120 mètres. C'est une plaine de sel; à son extrémité Nord-Ouest se trouve le volcan éteint de Marahé, et à l'extrémité Sud-Est le volcan Erta-Alé, dont une éruption est signalée par divers documents anciens. Plus au N.W., une région analogue suit le pied oriental du plateau abyssin, jusqu'au point où il atteint la rive occidentale du Golfe d'Adulis (Massaoua); là se trouve le volcan Alid et s'observent un grand nombre de petites bouches d'éruption, jusqu'au volcan ruiné de Jalua, dans le voisinage du golfe [1].

Les bords abrupts des hauts-pays Somali et Abyssin se rejoignent presque à angle droit aux environs d'Ankober. Si l'on imagine que la mer vienne à envahir la dépression profonde de l'Afar, ces bords deviendraient des côtes, dont le contour nouveau répondrait d'une façon remarquable à celui des rives opposées du Golfe Arabique. On a déjà dit précédemment (I, p. 478) que la Mer Rouge était elle-même un graben (fig. 223). Les sondages de la « *Pola* » ont trouvé, comme profondeur maximum, 2 190 mètres par 22° 7′ de lat. N. [2]. Plusieurs îles volcaniques s'élèvent dans la mer. Le graben se bifurque au Sinaï, ou, plus exactement, sa partie Ouest se prolonge par le *Golfe de Suez*, tandis qu'apparaît près du méridien 35°, dans le *Golfe d'Akaba*, un nouveau graben dont la direction est différente, et qui, orienté N.N.E., se rapproche du méridien 36°. Dans le Détroit de Djubal, à l'entrée du Golfe de Suez, le fond s'élève presque immédiatement de — 1 000 mètres à — 80 mètres, et ensuite, jusqu'à Suez, il ne s'abaisse nulle part au-dessous de — 82 mètres. Le Golfe d'Akaba est séparé de la Mer Rouge par un seuil qui s'élève jusqu'à — 141 mètres à l'Ouest de l'Ile Tiran et à — 16 mètres à l'Est de cette île; mais, de l'autre côté de ce seuil, les fonds supérieurs à 1 000 mètres occupent une étendue notable; la plus grande profondeur est de 1 287 mètres, et les rivages sont très abrupts [3].

1. G. Dainelli e O. Marinelli, *Delle condizioni altimetriche e dei limiti della grande depressione Dancala* (Rivista Geogr. Ital., XIII, 1906, p., 377-393, 1 pl. carte); les mêmes, diverses Notes sur les volcans du pays Danakil, en particulier sur l'Erta-Alè (Ibid., p. 261-270) et le Marahò (XIV, 1907, p. 129-139); en outre, *Escursione al vulcano Alid* (Ibid., XIV, 1907, p. 257-274, 1 pl. carte). Voir aussi les cartes de l'Afar, par exemple celle de G. E. Fritzsche (de Zeila à Ankober), Petermanns Mitteil., XXXVI, 1890, pl. 9, et celle de K. Schmidt (Pays des Gallas), ibid., LI, 1905, pl. 17. [Voir en outre G. Dainelli e O. Marinelli, *Resultati scientifici di un viaggio nella Colonia Eritrea*. In-8°, XXIII-601 p., 170 fig., 42 pl. dont 7 cartes, Firenze, 1912.]

2. J. Luksch, *Expedition S. M. Schiff « Pola » in das Rothe Meer, Nördliche Hälfte. VI. Physikalische Untersuchungen* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwis. Cl., LXV, 1898, p. 351-422, 7 pl. cartes et profils; en particulier p. 355).

3. J. Luksch, mém. cité, p. 358, 359.

Les couches crétacées et éocènes superposées aux terrains anciens se sont étendues autrefois d'une façon ininterrompue sur toute la largeur de la Mer Rouge et jusqu'en Arabie; c'est ce que démontrent les longues failles en escalier, parallèles au rivage de la Mer Rouge, qu'ont reconnu Eb. Fraas, près de Kosseïr, Barron et Hume sur ce même point et aussi à 2° de latitude plus au Nord, au Gebel Zeit, qui se trouve déjà dans les limites du Golfe de Suez[1]. Le Djebel Ataka, près de Suez, est coupé par une faille, avec affaissement vers la mer (I, p. 474); Beyrich pensait que le Miocène de Suez[2] est aussi, par endroits, affaissé dans de véritables graben (I, p. 484).

Des failles isolées et des pointements de basalte montrent que les phénomènes d'effondrement et d'affaissement ont laissé des traces vers l'Ouest jusqu'au delà du Nil[3]. Il paraît y avoir unanimité sur ce fait qu'une longue dislocation ayant la forme d'un fossé linéaire, ou une série de dislocations, jalonne le cours du Nil lui-même vers l'amont, depuis Le Caire jusqu'à Keneh, c'est-à-dire sur 4 degrés de latitude[4].

1. Eb. Fraas, *Geognostisches Profil vom Nil zum Rothen Meer* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LII, 1900, p. 569-618, pl. XXIII : carte et coupes); T. Barron et W. F. Hume, *Notes sur la géologie du Désert Oriental de l'Égypte* (Congrès Géol. Internat., Compte Rendu VIIIe Sess. en France, Paris, 1900, 2e fasc., p. 877-899, pl. XX, XXI : cartes). [Voir aussi T. Barron and W. F. Hume, *Topography and Geology of the Eastern Desert of Egypt, Central Portion.* In-8°, XI-331 p., 12 pl. phot., 10 pl. coupes, 4 pl. panoramas coloriés, 7 cartes topogr. e géol., Cairo, 1902 (Egypt, Survey Department); W. F. Hume, *A Preliminary Report on the Geology of the Eastern Desert of Egypt, between latitude 22° N. and 25° N.* In-8°, 72 p., 4 pl. phot., 1 pl. de coupes, 4 cartes topogr. et géol. à 1 : 500 000, Cairo, 1907 (Id.).]

[2. L'existence des failles qui auraient déterminé l'ouverture du Golfe de Suez a été contestée par John Ball : *The Gulf of Suez* (Geol. Mag., new. ser., dec. 5, VIII, 1911, p. 1-10).]

[3. Voir le mémoire de T. Barron, *The Topography and Geology of the District between Cairo and Suez.* Cairo, 1907. In-8°, 133 p., 2 cartes topogr. et géol. à 1 : 250 000, 5 pl. phot., 6 pl. coupes (Egypt, Survey Department). — Sur la géologie de l'Égypte et des régions voisines, en général, voir l'ouvrage de C. Davies Sherborn, *Bibliography of Scientific and Technical Literature relating to Egypt, 1800-1900.* Preliminary edition. In-8°, 157 p., Cairo, 1910 (Survey Department, Egypt); W. F. Hume, *The Principles and Objects of Geology, with Special reference to the Geology of Egypt.* In-8°, 26 p., 8 fig. Cairo, 1911 (Id.); W. F. Hume, *The Effects of Secular Oscillation in Egypt during the Cretaceous and Eocene Periods* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LXVII, 1911, p. 118-148, pl. VI : carte géol. à 1 : 6 000 000); et les deux éditions de la carte d'ensemble publiée par le Service officiel en 1910 : *Geological Map of Egypt, 1 : 1 000 000,* 6 feuilles; *Geological Map of Egypt, Scale 1 : 2 000 000,* 1 feuille, avec *Explanatory Notes,* par W. F. Hume. In-8°, 49 p., 2 pl. coupes, Cairo, 1912. Voir aussi la *Carte géologique internationale de l'Europe* à l'échelle de 1 : 1 500 000, feuilles 47 (E VII) et 48 (F VII), Berlin, 1911 (auteur : M. Blanckenhorn).]

4. Pour des exemples, voir B. Barron and Hume, mém. cité, p. 879; voir aussi H. J. L. Beadnell, *Découvertes géologiques récentes dans la vallée du Nil et le Désert Libyen* (Congrès Géol. Internat., Compte Rendu VIIIe Sess. en France, Paris, 1900, 2e fasc., p. 861-863, pl. XIX : carte), et Geol. Mag., new ser., dec. 4, VIII, 1901, p. 28; et surtout M. Blanckenhorn, *Die Geschichte des Nil-Stroms in der Tertiär- und Quartärperiode, sowie des palaeolithischen Menschen in Ägypten* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1902, p. 694-722, 753-762, pl. 10, 11 : cartes). C. Depéret et R. Fourtau ont montré qu'auprès de Suez, le Premier Étage Méditerranéen, un représentant du Schlier et le 2e Étage Méditerranéen sont reconnaissables (*Sur les terrains néogènes de la Basse-Égypte et de l'isthme de Suez*; C. R. Acad. Sc., CXXXI, 1900, 2e sem., p. 401-403); voir aussi M. Blanckenhorn, *Das Neogen in Aegypten und seinen*

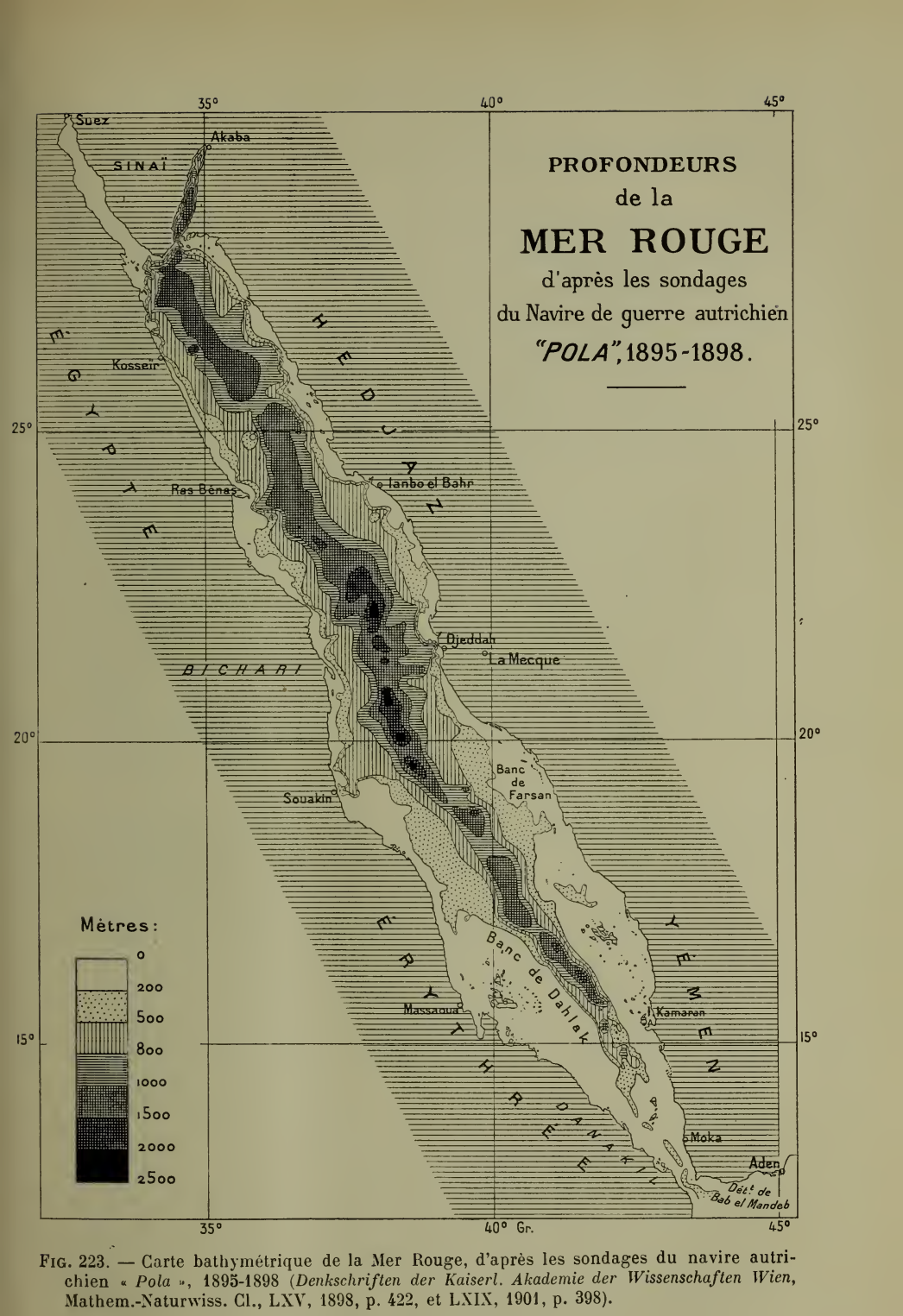


FIG. 223. — Carte bathymétrique de la Mer Rouge, d'après les sondages du navire autrichien « *Pola* », 1895-1898 (*Denkschriften der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften Wien*, Mathem.-Naturwiss. Cl., LXV, 1898, p. 422, et LXIX, 1901, p. 398).

Échelle des latitudes 1 : 11 750 000.

Mais nos connaissances sur ce sujet présentent encore de nombreuses lacunes. Toute la côte syrienne paraît due, de même, à un affaissement récent (I, p. 476).

Précédemment (I, p. 485), il a été question de la pénétration temporaire des eaux méditerranéennes dans le domaine érythréen et de celle des eaux érythréennes dans le domaine actuel du Nil; Blanckenhorn a traité ce sujet avec détail. Depuis, Hume a montré que les formations méditerranéennes, facilement reconnaissables grâce à la présence d'une grande huître, l'*Ostrea gingensis*, atteignent le bord Est du Sinaï méridional. Là, elles se montrent redressées énergiquement le long des failles. Le Sinaï est, par endroits, découpé par de nombreuses failles subméridiennes. On voit qu'une partie de ces failles au moins sont postérieures aux couches à *Ostrea gingensis* [1].

Le Golfe d'Akaba se poursuit sous la forme d'un long fossé dans l'Ouadi Arabah; au fond de cette dépression, P. Musil me signale la découverte d'un pointement isolé de lave sombre. Au delà d'un seuil crétacé dont l'altitude est comprise entre + 230 et 240 mètres, on atteint le profond sillon de la *Mer Morte*, où l'affaissement ne se produit que d'un seul côté, et qui se poursuit dans la vallée du Jourdain [2] (I, p. 476); il s'étend jusqu'au Lac de Houleh; puis survient un changement de régime, sur lequel Diener a donné les premiers renseignements précis [3].

Pectinidenfauna (Centralblatt f. Min., 1900, p. 209-216). [Il semble que le rôle des fractures dans l'établissement de la vallée du Nil ait été très exagéré; les plus récents observateurs sont d'accord pour ne pas y voir un accident tectonique continu; John Ball, *On the Origin of the Nile Valley and the Gulf of Suez* (Geol. Mag., new ser., dec. 5, VII, 1910, p. 71-76); W. F. Hume, *The Origin of the Nile Valley in Egypt* (Ibid., VII, 1910, p. 385-389).]

1. W. F. Hume, *The Topography and Geology of the Peninsula of Sinai* (*South-Eastern Portion*). In-8°, 280 p., 24 pl., dont 5 cartes, Cairo, 1906 (Survey Dept., Egypt), en particulier p. 145. [Voir aussi T. Barron, *The Topography and Geology of the Peninsula of Sinai* (*Western Portion*). In-8°, 241 p., 8 pl. phot., 5 pl. coupes, 2 cartes topogr. et géol. à 1 : 250 000, Cairo, 1907 (Id.). L'état de nos connaissances sur le massif sinaïtique a été parfaitement résumé par R. Weill, dans sa thèse de doctorat intitulée : *La presqu'île du Sinaï. Étude de Géographie et d'Histoire.* In-8°, IX-380 p., 10 fig. et pl. (cartes, coupes et croquis relevés par l'auteur), Paris, 1908 (Bibl. de l'École des Hautes-Études, 171e fasc.).]

2. Ces régions septentrionales ont été traitées plus en détail dans les Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., LVIII, 1891, p. 572 et suiv. [Sur la géologie de la Palestine et de la Syrie, voir en outre : Max Blanckenhorn, *Neues zur Geologie Palästinas und des ägyptischen Niltals* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXII, 1910, Abhandl., p. 405-461, 11 fig., 1 tableau, pl. V); le même, *Naturwissenschaftliche Studien am Toten Meer und im Jordantal. Bericht über eine im Jahre 1908 unternommene Forschungsreise in Palästina.* Gr. in-8°, VII-478 p., 106 fig. dans le texte, 6 pl. phot , 1 carte géol. à 1 : 700 000, Berlin, 1912. Consulter aussi les feuilles 41 (F VI) et 48 (F VII) de la *Carte géologique internationale de l'Europe*, Berlin, 1911 (auteur : M. Blanckenhorn).]

3. C. Diener, *Libanon, Grundlinien der physischen Geographie und Geologie von Mittel-Syrien.* In-8°, X-412 p., 6 pl., 1 carte géol., Wien, 1886. Un pointement basaltique douteux, le Tel er Ruràb, est représenté sur la carte qui accompagne cet ouvrage comme surgissant au Sud de Palmyre, à l'intérieur de la virgation. Plus à l'Ouest, par 37°40′ environ, Max von

Le graben dévie vers le N.N.E. et forme, entre le Liban et l'Anti-Liban, la longue vallée de la *Bekaa*, où se trouvent les ruines de Baalbek. En même temps se produit, obliquement à l'Anti-Liban et vers le N.E. jusqu'au delà de Palmyre, comme un épanouissement des branches successives du faisceau, une virgation des cassures. Là, dans le désert de Palmyre, Diener a trouvé du Pliocène marin à l'altitude de 650 mètres. Ce bombement du sol et cet émiettement des failles sont dus, soit à une déformation de la croûte terrestre dans le voisinage de l'arc des plis tauriques, soit, comme le croit Blanckenhorn, à l'affaissement du pays de Damas, qui est couvert de laves, au Sud et au Sud-Est.

Au delà de la Bekaa, c'est-à-dire au delà de 34° 30′, Blanckenhorn a étudié le pays jusqu'à l'Amanus, c'est-à-dire jusque dans la région des plis tauriques; en outre, il a donné une vue d'ensemble très instructive des lignes structurales de toute la Syrie [1]. Le graben reprend une direction méridienne, affecte le basalte de Homs en formant la Petite Bekaa et se prolonge vers le Nord par la dépression d'El Ghâb, sur le bord oriental, découpé de failles en escalier, des Monts Ansarieh, jusqu'à 35° 50′ de lat. N.; là, les montagnes disparaissent sous les sédiments du deuxième étage méditerranéen. Là aussi, dans le Nord, il y a quelques traces d'une virgation dirigée N.N.E. ou N.E.

On atteint ainsi la dépression d'El Amk (Lac el Bahra, 140 m.), au Nord-Est d'Antioche. Blanckenhorn a déjà émis l'hypothèse que les failles ne se terminent pas là, mais qu'elles se prolongent dans la direction du N.E., parallèlement aux plis du Taurus, par conséquent, entre les Montagnes des Kurdes et l'Amanus. A. Schaffer a, effectivement, suivi un graben sur une longueur de 150 kilomètres, d'abord dans la vallée du Kara-Sou, puis dans le voisinage de Marach; ce sillon est accompagné d'épanchements de laves basaltiques et doléritiques (III, 1re partie, p. 421) [2].

Vue d'ensemble sur les fossés de l'Afrique Orientale. — Abstraction faite de la faille des Monts Lebombo, la région disloquée

Oppenheim signale les deux volcans jumeaux appelés Abd et Abdé (« l'Esclave » et la « Femme esclave »); *Bericht über seine Reise durch die Syrische Wüste nach Mosul* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, XXI, 1894, p. 209).

1. M. Blanckenhorn, *Die Strukturlinien Syriens und des Roten Meeres* (*in* : Festschrift F. Freiherrn von Richthofen z. 60. Geburtstag dargebracht von seinen Schülern). Gr. in-8°, Berlin, 1893, p. 115-180, 2 pl. : cartes et coupes.

2. F. Schaffer, *Geologische Studien im südöstlichen Kleinasien* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien., Mathem.-naturwiss. Cl., CIX, Abth. I, 1900, p. 498-525, 2 cartes dans le t., notamment p. 524); et *Geologische Studien im südöstlichen Kleinasien und Nordsyrien* (Ibid., CX, 1901, p. 5-18). Voir aussi, du même : *Zur Geotektonik des südöstlichen Anatolien. Studien auf Reisen im Frühjahr und Herbst 1900* (Petermanns Mitteil., XLVII, 1901, p. 133, 1 carte dans le t.).

s'étend de 15° de lat. S. jusqu'à 37° 30′ de lat. N.; *sa longueur atteint donc 52 degrés 1/2 de latitude.* Il y a un autre fait digne de remarque, c'est que ces dislocations s'écartent à plusieurs reprises d'une zone méridienne déterminée et qu'elles y reviennent toujours dans la suite. L'axe du Nyassa se trouve par 34° 30′; au delà de l'Équateur, celui du Lac Rodolphe est par 36°, et beaucoup plus au Nord, l'axe de la Mer Morte et de la vallée du Jourdain coïncide avec la longitude de 35° 30′.

Il n'est pas probable que toutes les parties de ce grand système de cassures et d'effondrements soient du même âge. En particulier, Kohlschütter estime que des fossés plus jeunes peuvent avoir recoupé des fossés plus anciens; ainsi le graben du Rukwa se poursuivrait au delà du Tanganyka par le Lukuga, en traversant obliquement le Tanganyka; de même, l'accident qui suit le Wemberé, près du cratère de Ngorongoro, aurait été coupé par le fossé méridien de l'Afrique Orientale, près du Lac Manyara [1]. Il y a lieu d'attendre des données plus précises. Précisément, le Tanganyka a souvent été considéré comme un terme assez ancien du système de fractures. Sa faune étrange paraît être une faune marine résiduelle; cependant, une de ses formes les plus caractéristiques, une Méduse, a été aussi découverte dans le Lac Victoria.

Avec raison, Issel attache de l'importance à ce fait que la mer n'a pénétré que tardivement dans la fosse érythréenne [2]. Il manque ici la série des sédiments du Tertiaire moyen et supérieur, comme ceux que l'on trouve sur la plupart des côtes de la Méditerranée et ceux que l'on peut encore voir à Suez, ou même jusqu'à Scherm, au Sud du Sinaï. Comme exception, il n'y a guère à citer que les formations récentes pouvant correspondre aux couches érythréennes qui s'avancent, à l'altitude de 64 mètres, jusqu'aux pyramides de Ghizeh et dans la partie inférieure de la vallée du Nil (I, p. 485); elles représentent peut-être le premier remplissage de la Mer Rouge. Aucune des autres régions d'affaissement, à l'exception du littoral de la Syrie, ne montrent la moindre trace d'une invasion marine. Les terrasses du Lac Rodolphe (fig. 224), de l'Omo inférieur, du Lac Stéphanie et de l'Afar renferment des coquilles de la faune actuelle du Nil. Les terrasses de la Mer Morte

1. E. Kohlschütter, *Die kartographischen und geophysischen Arbeiten der Pendel-Expedition der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen in Deutsch Ost-Afrika* (Verhandl. XIII. Deutsch. Geographentages zu Breslau, 1901, p. 133-153, pl. 1, 2 : cartes). Pour ce dernier point, voir la carte de C. Uhlig, Geogr. Zeitschr., XIII, 1907, pl. 14, et la carte, déjà mentionnée, de F. Jaeger. [Voir aussi le récent mémoire d'E. Kohlschütter, *Ueber den Bau der Erdkruste in Deutsch Ostafrika* (Nachrichten kgl. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-phys. Kl., 1911, p. 1-40).]

2. Art. Issel, *Morfologia e genesi del Mar Rosso. Saggio di Paleogeografia* (Atti Terzo Congresso Geogr. Ital., Firenze, vol. II, 1899, p. 73-89, 1 pl.); voir aussi son *Essai sur l'origine et la formation de la Mer Rouge* (Bull. Soc. Belge de Géol., XIII, 1899, Mém., p. 65-84).

et du Jourdain contiennent des coquilles d'eau douce actuelles, et dans le Lac de Tibériade vivent encore aujourd'hui des Poissons du Nil (I, p. 490). Au dépôt de couches récentes à *Melanopsis* ont succédé des épanchements de lave [1]; dans le Nord, les mouvements paraissent même avoir duré assez longtemps pour que des sédiments analogues se soient affaissés dans des dépressions plus jeunes encore.

C'est seulement au Nord qu'apparaissent sur la côte les dépôts des 3e et 4e étages méditerranéens. Les sédiments marins atteignent, comme on l'a déjà vu, le désert de Palmyre. —

On peut distinguer trois stades ayant leur individualité : d'abord le déchirement du sol; en deuxième lieu, l'affaissement des parois de la dépression; en troisième lieu, l'ascension des laves. En réalité, ces trois stades ne sont pas aussi distincts, au point de vue de leur succession dans le temps; les fractures affectant des plateaux de laves, comme celui de Mau, montrent que de grands affaissements ont succédé, sur certains points, à de grands épanchements. Mais il est visible que le déchirement représente le phénomène primaire, et que les laves n'en sont qu'une manifestation accessoire.

Il ne faut pas se faire de ces dépressions une idée trop schématique, y voir par exemple une bande de terrain affaissée entre deux failles parallèles. On observe des cassures en escalier au Tanganyka et dans les champs de lave qui se trouvent en avant du Kenia; il en est de même sur la côte Ouest de la Mer Rouge, et aussi au Nord dans le Liban et sur les pentes du Djebel Ansarieh. On s'en ferait une image plus exacte, en se représentant ces mêmes failles étagées se répétant des deux côtés jusqu'au milieu de la dépression, avec de nombreuses bandes allongées, en forme de coin, s'enfonçant à une profondeur inégale. Dans cette descente, certains horsts sont restés en saillie dans la région d'effondrement, comme le Kamassia, à l'Ouest du Lac Baringo, et comme le seuil au Sud du Lac Albert-Édouard. La diminution du nombre des cassures est très sensible dans le Nord de la Syrie, où la virgation et plusieurs autres circonstances indiquent une progression du phénomène du Sud vers le Nord.

Tout essai d'explication par des causes locales, telle qu'une disposition divergente vers le bas des surfaces de dislocation, etc., s'évanouit en face de l'extension extraordinaire de ces accidents. Un phénomène qui se manifeste sur plus de 52° de latitude doit trouver sa raison d'être dans la constitution même de la planète. Dans cette énorme région,

1. F. Noetling, *Ueber die Lagerungsverhältnisse einer quartären Fauna im Gebiete der Jordanthales* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XXXVIII, 1886, p. 807-823, pl. XXIII); et *Geologische Skizze der Umgebung von el-Hammi* (Zeitschr. Deutsch. Palästina-Ver., X, 1886, p. 59-88, pl. I : carte et coupes).

nous sommes amenés à concevoir des *tensions, se produisant dans l'enveloppe extérieure de la sphère terrestre; ces tensions se sont développées perpendiculairement à la direction des fractures*, perpendiculairement au méridien, dans l'exemple qui nous occupe.

Il y a eu *déchirure par contraction*, et les fentes se sont ouvertes *de haut en bas*.

Cette circonstance est importante pour l'explication de la venue des volcans.

Il y a d'importants tronçons de fossés, comme le Tanganyka, dont la longueur atteint 700 kilomètres, dans lesquels existent bien quelques sources chaudes, mais pas de volcans. Par contre, il y a en Syrie des fentes isolées, d'une importance tout à fait secondaire, qui sont jalonnées par des chapelets de petits pointements volcaniques. Si l'on considère en eux-mêmes le Kenia ou le groupe des volcans des Virunga, près du Lac Kiwu, on y cherche en vain les filons ou les alignements volcaniques qui les mettraient en relation avec d'autres volcans. Néanmoins, un coup d'œil sur l'ensemble montre à la fois la continuité du phénomène et sa dépendance à l'égard des grandes cassures.

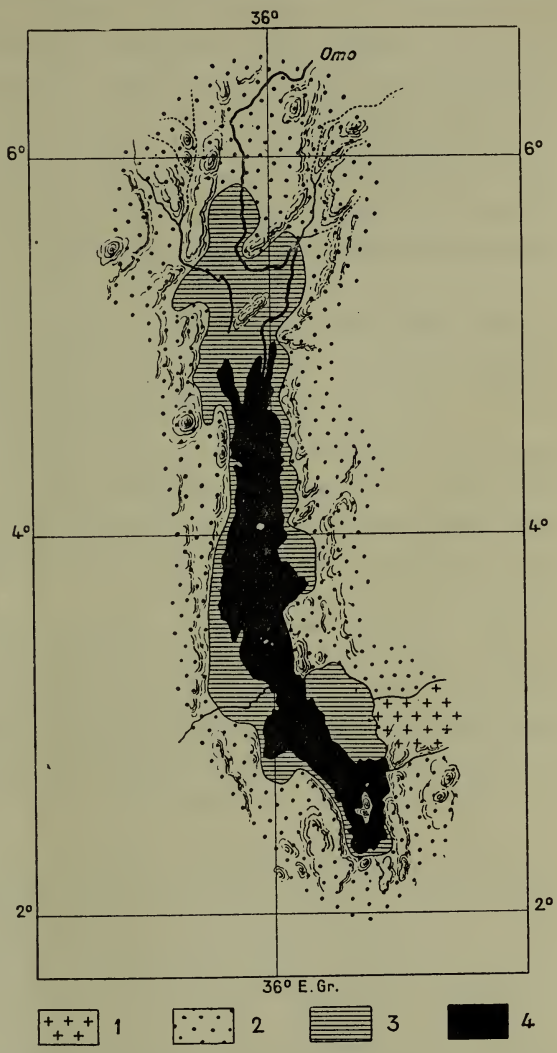


Fig. 224. — Ancienne extension du Lac Rodolphe, d'après M. Sacchi, G. De Angelis d'Ossat et F. Millosevich (*Seconda Spedizione Bottego. Studio geologico.* In-8°, Roma, 1900, p. 205, fig. 25).

1. Roches cristallines anciennes; 2. Roches volcaniques récentes; 3. Ancienne extension du Lac Rodolphe; 4. Lac Rodolphe actuel. — Échelle de 1 : 4 500 000.

Les fractures s'ouvrant de haut en bas entre des masses qui

s'affaissaient, ont, en certains endroits, rendu possibles les éruptions; ailleurs, elles ne l'ont pas permis; sur nombre de points, des éruptions se produisent encore aujourd'hui. Que des grands ou de petits cratères se soient formés, c'est ce qui peut dépendre de mouvements dont l'importance est tout à fait secondaire. Dans l'axe du fossé de l'Afrique Orientale règne manifestement une grande activité volcanique. Dans le fossé lui-même se trouvent les cônes éruptifs les moins importants, sans doute parce que c'est là que se produisent la plupart des modifications tectoniques : aucune cheminée n'a le temps d'y vieillir, et de nouvelles bouches se reforment sans cesse.

Le Cameroun. — Annobom, São Thomé, l'Ile du Prince et Fernando Po forment une série rectiligne de volcans, dirigée entre N.N.E. et N.E. On ajoute souvent aussi à cette série Sainte-Hélène. Sur le continent, le haut massif volcanique du Cameroun lui correspond tout d'abord. D'après les descriptions qu'Esch a données du Sud-Ouest du Cameroun, abstraction faite d'un liséré peu élevé de sédiments tertiaires et crétacés bordant la côte, tout le reste du pays, jusqu'au delà de 5° de lat. N., est formé de roches cristallines anciennes, surmontées de volcans récents [1].

Esch considère cette région comme une région de fractures. C'est ce que confirment l'existence du massif même du Cameroun, avec ses nombreux cratères (3 665 m.) [2], puis, au Nord-Ouest, le horst de roches cristallines anciennes du Rumpi (altitudes jusqu'à 2 000 m., 40 kilom. de longueur), la dépression du Bakundu, le champ de fractures du pays de Nkosi avec ses nombreuses petites bouches d'éruption [3], le

1. E. Esch, *in* E. Esch, F. Solger, O. Oppenheim und O. Jaekel, *Beiträge zur Geologie von Kamerun*. In-8°, XIII-298 p., 9 pl., 1 panorama, 1 carte, Stuttgart, 1904; E. Esch, *Der Vulcan Etinde in Kamerun und seine Gesteine* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1901, I, p. 277-299 et 400-417). [Voir aussi l'important mémoire de C. Guillemain, *Beiträge zur Geologie von Kamerun*. Unter Beteiligung von E. Harbort, O. Jäkel, O. Klautzsch, Dr. Menzel im Auftrage des Deutschen Reichs-Kolonial-Amtes bearbeitet (Abhandl. K. Preuss. Geol. Landesanst. Neue Folge, Heft 62, Berlin, 1909. In-8°, VI-466 p., 22 pl. phot., 1 pl. col., 2 pl. de fossiles, 2 cartes géol. en couleurs à 1 : 500 000 et 1 : 1 000 000), notamment p. 208-241 : *Die Tektonik des Schutzgebietes Kamerun*; compte rendu critique par Bern. Struck, *Zur Geologie von Kamerun* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1911, p. 320-326). Consulter, en outre : S. Passarge, *Kamerun* (*in* H. Meyer, *Das Deutsche Kolonialreich*, I. Bd., p. 417-636, nombreuses fig., phot., et cartes. In-8°, Wien-Leipzig, 1909, en particulier p. 425-433, carte géol. en couleurs à 1 : 6 000 000; Kurt Hassert, *Forschungs-Expedition ins Kamerungebirge und im Hinterland von Nordwest-Kamerun* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1910, p. 4-35, 15 phot., pl. I : carte); et *Das Kamerungebirge* (Mitteil. aus d. Deutsch. Schutzgebiete, XXIV, 1911, p. 55-112, 3 fig., 1 pl., 1 carte); S. Passarge, *Geomorphologische Probleme aus Kamerun* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1910, p. 448-465, fig. 45-49).]

[2. Voir la carte à 1 : 500 000 du Lieut. Boyd Alexander, jointe à l'article : *Expedition in West Africa* (Geogr. Journ., XXXIV, 1909, p. 51-55); Annales de Géogr., XVIII, 1909, p. 468.]

3. « Leur activité paraît n'avoir duré que peu de temps, et, sauf quelques exceptions, avoir consisté dans ce fait qu'elles ont servi à leur foyer d'éruption commun de cheminées

fossé de Kidde, le horst de Kopé avec les volcans qui le surmontent (2 050 m.), enfin les Monts Manenguba, disposés en travers, avec le grand cratère de l'Eboga (2 110 m.).

Le Sud-Ouest du Cameroun possède donc une structure qui ressemble à celle de la moitié Sud-Ouest du fossé de l'Afrique Orientale; mais il y a cette différence que, dans le Cameroun, les fractures ne délimitent pas un fossé unique, que leur direction générale n'est pas N.-S., mais N.N.E, correspondant à l'alignement Annobom-Fernando Po, et enfin que l'écoulement des eaux se fait sans obstacles vers la mer.

Les méritoires explorations de Passarge dans l'Adamaoua ont montré que, depuis la latitude de 7° 30′ jusqu'à 10° 30′, prévaut un régime tout à fait analogue. Dans ces parages, on se rapproche déjà de la région sans écoulement du Tchad. L'analogie de structure est si grande que le nom de *ligne du Cameroun* n'a pas été proposé tout d'abord pour le Sud, mais bien pour le Nord, et justement par Passarge [1].

Là aussi, le pays est formé de terrains cristallins anciens et de roches volcaniques récentes. La direction dominante est, cette fois encore, N. 30 à 35° E.; on rencontre rarement la direction E.-W. Les Monts Tschebtschi, qui mesurent de 1 400 à 2 000 mètres de hauteur, sont une croupe de granite et de gneiss s'allongeant N.N.E.; d'après Passarge, c'est vraisemblablement un horst, qui se trouve dans le prolongement du horst du Sud-Ouest du Cameroun. Ce massif porte une couverture de basalte, sur laquelle s'élèvent quelques cônes rocheux isolés; des deux côtés de la muraille apparaissent de l'andésite à augite. Au point où, vers le Nord, les contreforts des Monts Tschebtschi atteignent la Bénoué, et un peu à l'Est (entre 12° et 13° de long. E.), il existe sur cette rivière de petites collines volcaniques (Gabriel, Elisabeth, Madugu). Le bord oriental, rectiligne, des Monts Alantika, et, aussi dans son prolongement, des Monts Mandara, affecte une direction N. 35° E.; il en est de même de la vallée du Faro [2].

On retrouve jusqu'au delà de 10° 30′ de lat. N. les fractures qui, depuis l'Océan, caractérisent la structure du Cameroun. Là commencent les grands espaces marécageux du Tchad et du Chari; et, en même temps que se pose le problème du prolongement de la ligne du Cameroun, apparaît un phénomène hydrographique particulier. Barth

par lesquelles celui-ci s'est libéré de l'excès de pression que provoquaient les gaz. » (Esch., mém. cité, p. 35). P. Rohrbach décrit d'autres volcans : *Über seine Studien-Reise in Mittel-Kamerun* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1907, p. 254-256).

1. S. Passarge, *Adamaua. Bericht über die Expedition des Deutschen Kamerun-Komitees in den Jahren 1893/94*. Gr. in-8°, XVII-573 p., 294 fig., 22 pl., 5 cartes, Berlin, 1895; en particulier p. 387.

2. A une grande distance dans l'Ouest, vers 9° de lat. N. et 10° de long. E., Boyd, Alexander signale le Mont Wase comme répondant probablement aux ruines d'un volcan; Boyd Alexander, *From the Niger, by Lake Chad, to the Nile* (Geogr. Journ., XXX, 1907, p. 121).

savait déjà qu'il existe une jonction entre le Tchad et le Niger. Lenfant a élucidé la question[1].

Le fleuve Kabi se jette dans la Bénoué en amont de Garoua. A environ 120 kilomètres au-dessus de son confluent, il forme une cataracte de 50 mètres de hauteur; puis viennent d'autres rapides; enfin on trouve un lac long et étroit, le Lac Toubouri qui, par un émissaire ne se remplissant qu'en temps de crue, est mis en communication avec le Logone et par conséquent, par le Chari, avec le Tchad. En d'autres termes, quand les eaux sont hautes dans le Logone, le trop-plein se déverse par les rapides du Kabi dans le Niger et dans l'Océan.

Un pays marécageux, très vaste, tout à fait plat pour l'œil, s'étend le long du Logone et se prolonge jusqu'au Tchad. Les rapides rocheux du Kabi montrent le substratum de ces alluvions. A 360 kilomètres de ces rapides, sur le bord Sud-Est du Tchad, on voit apparaître au milieu de ces alluvions un petit groupe de rochers; c'est l'Hadjer El Hamis (« les Cinq Pierres »), haut seulement de 100 mètres, que Lacoin a décrit[2]. D'après Gentil, ces collines sont constituées par de la rhyolite à aegyrine et à riebeckite qui, pendant son refroidissement, a été soumise à l'influence directe de la vapeur d'eau et de fumerolles acides, comme Lacroix l'avait indiqué pour les rhyolites du pays des Somalis[3]. La même roche a été trouvée par Foureau dans le lit du Logone, près de Kusser, un peu en amont de Fort-Lamy ; mais peut-être n'y est-elle pas en place. Une roche identique a été rapportée par Lenfant du voisinage des cataractes du Kabi.

Des études ultérieures nous montreront si ces gisements appartiennent encore à la zone de fractures du Cameroun, et si cette région volcanique atteint réellement le Tchad[4] en passant par les rhyolites du

1. Lenfant, *De l'Atlantique au Tchad par le Niger et la Bénoué* (La Géographie, IX, 1904, 1er sem., p. 321-342, pl. II : carte). [Voir aussi les ouvrages plus récents du commandant Lenfant et l'article, déjà cité, de S. Passarge, *Geomorphologische Probleme aus Kamerun* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1910, p. 461).]

2. L. Lacoin, *Observations sur la géologie du Pays de l'Oubangui au Tchad* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., III, 1903, p. 484-496).

3. L. Gentil, *in* F. Foureau, *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, II, p. 728 et suiv. Des roches analogues ont été signalées sur des points très éloignés les uns des autres, par exemple sur le Monny entre le Tchad et Zinder, aux environs mêmes de Zinder et dans l'Aïr; R. Chudeau, *Excursion géologique du Sahara et au Soudan* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., VII, 1907, p. 341); A. Lacroix, *Sur les microgranites alcalins du territoire de Zinder* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1er sem., p. 22-26), etc. [Sur les roches éruptives des environs de Zinder et des régions voisines, voir aussi la thèse de doctorat de G. Garde, *Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'Est et au Nord-Est du Tchad*. In-8°, 286 p., 1 pl., 2 cartes h. t., 66 fig. Clermont-Ferrand, 1910; notamment p. 233-261. Les échantillons recueillis au cours de la mission du capitaine Lenfant ont été étudiés par H. Hubert : *Sur quelques roches du Centre africain* (Bull. du Muséum d'Hist. Nat., Paris, 1904, n° 6, p. 412-415).]

4. Pour les régions comprises entre le Cameroun, le Tchad et le Haut-Niger, voir la belle carte publiée par Henry Hubert : *État actuel de nos connaissances sur la Géologie de*

Kabi, du Logone et de l'Hadjer El Hamis. Provisoirement, elle est connue jusqu'à 10° 30′ de lat. N., c'est-à-dire qu'on la suit *à partir d'Annobon sur 12 degrés de latitude.*

Plan des fractures africaines. — De l'Ouest à l'Est, la carte d'Afrique montre d'abord la ligne du Cameroun, pénétrant comme une zone de failles et d'effondrements dans le continent, au moins jusqu'à 10° 30′ de lat. N. Sa prolongation jusqu'au Tchad n'est pas certaine. De même, on ignore presque complètement, d'après les données existantes, s'il y a quelque relation avec les éruptions volcaniques qui s'échelonnent dans l'Aïr, parallèlement au méridien, et très loin au Nord jusque dans l'Ahaggar.

Le court fossé de l'Upemba est le terme le plus occidental connu de la longue série des cassures de l'Afrique Orientale. Au Nord, ces accidents se prolongent par la Mer Rouge et à travers la Syrie jusqu'au Taurus ; à l'Ouest, viennent les fractures du Nil et les dislocations encore peu connues du Sahara Oriental. Au cœur de l'Europe, nous trouvons enfin le fossé du Rhin.

On ne peut nier que sur les bords de l'Océan Indien apparaissent des lignes présentant une certaine ressemblance avec les précédentes. L'escarpement du Quathlamba, dans le Sud de l'Afrique[1], et celui des Sahyadri, dans l'Inde, ont déjà été mis en parallèle dans un précédent chapitre (I, p. 533). Aujourd'hui, il faut y ajouter la cassure des Monts Lebombo, qui, dans l'Afrique du Sud, court depuis 27° 30′ de lat. S. vers le Nord sur 4 degrés de latitude. Madagascar n'était jusqu'à présent connue que d'une façon générale, et considérée comme un horst (I, p. 528 et suiv.). Les recherches de Lemoine ont mis en évidence, à côté de fractures moins importantes, une grande faille rectiligne, qui longe toute la côte orientale et qui apparaît comme le facteur essentiel dans la détermination des contours de l'île (fig. 225). Depuis Fort-Dauphin, elle se suit avec une direction N.N.E., par delà l'Ile Sainte-Marie et jusqu'au Cap Maroala, sur 10 degrés de latitude; peut-être même se prolonge-t-elle dans les îles situées plus au Nord[2]. On sait que la faille des

l'Afrique Occidentale. 1 : 5 000 000. 1 feuille en couleurs, avec *Notice explicative* de 8 p. in-8°, Paris, 1911; et la note du même auteur : *Essai d'une Carte géologique de l'Afrique Occidentale* (C. R. Acad. Sc., CLIII, 1911, 2e sem., p. 737-740).]

[1. Sur la genèse de cet escarpement, voir A. Penck, *Der Drakensberg und der Quathlambabruch* (Sitzungsber. Königl. Akad. Wiss. Berlin, 1908, I, p. 230-258, coupes de la p. 257) : réponse au Dr S. Passarge.]

2. P. Lemoine, *Études géologiques dans le Nord de Madagascar. Contributions à l'histoire géologique de l'Océan Indien.* In-8°, 520 p., 143 fig., 4 pl. phot. et coupes, 3 cartes géol., Paris, 1906; en particulier p. 235, 457 et suiv. D'après d'anciens renseignements, on pouvait supposer qu'à Madagascar le Lac Alaotra, entre Tananarive et la côte orientale, appartenait à un fossé parallèle à la cassure de la côte; des observations plus récentes rendent cette conjecture douteuse (Rev. R. Baron, *Geology of Madagascar*, Quart. Journ. Geol. Soc., XLIV,

Sahyadri recoupe les gneiss de 8° à 16° de lat. N., puis les laves du Dekkan jusqu'à 20°. En avant se trouve la ligne des Laquedives, des Maldives et des Chagos [1], encore inexpliquée, avec une direction un peu différente, et plus voisine de celle du méridien.

1889, pl. XIII); et *Geological Notes of a Journey in Madagascar* (Ibid., LI, 1895, p. 58, carte). [Depuis la publication de la thèse fondamentale de P. Lemoine sur Madagascar, l'étude géologique de cette grande île a progressé rapidement; voir surtout P. Lemoine, *Madagascar* (*Handbuch der regionalen Geologie*, herausgegeben von G. Steinmann und O. Wilckens, 6. Heft (VII. Band, 4. Abt.). In-8°, 44 p., 11 fig. dans le texte dont 9 cartes. Heidelberg, 1911 (renferme une Bibliographie, p. 40-43); *La Géologie du Nord de Madagascar* (Bull. Soc. Philom. Paris, 1906, p. 242-256); *Les relations géologiques anciennes de Madagascar avec les pays voisins* (Revue de Madagascar, VIII, 1906, p. 986-996, 5 fig. cartes); *Nature des dislocations dans les terrains sédimentaires de la région occidentale de Madagascar* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., VI, 1906, p, 171); *Les variations de faciès des terrains sédimentaires de Madagascar* (Ibid., VII, 1907, p. 30-41). Au point de vue stratigraphique, les deux faits nouveaux les plus remarquables qui aient été signalés sont la découverte, dans le Sud-Ouest, d'une faune et d'une flore permiennes (*Glossopteris*, Reptiles, Poissons) surmontant des couches de houille et l'existence, dans le Nord-Ouest, du Trias marin, renfermant notamment de nombreux Céphalopodes; voir M. Boule, *Sur l'existence d'une faune et d'une flore permiennes à Madagascar* (C. R. Acad. Sc., CXLVI, 1908, 1er sem., p. 502-504); *Découverte de la houille à Madagascar par le capitaine* Colcanap (Ibid., CXLVII, 1908, 2e sem., p. 818-819); H. Douvillé, *Sur la découverte du Trias marin à Madagascar* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., X, 1910, p. 125-133, 11 fig. dans le texte); A. Merle et E. Fournier, *Sur le Trias marin du Nord de Madagascar* (Ibid., p. 660-664); Fournier, *Sur les Nodules* (*Septaria*) *à Ammonites triasiques de Madagascar et sur le développement des Ammonea* (C. R. Acad. Sc., CL, 1910, 1er sem., p. 1560-1562); Perrier de la Bathie, *Notes sur la vallée permo-triasique et le contact des terrains métamorphiques et des terrains sédimentaires dans l'Ouest de Madagascar* (Bull. Économique [de Madagascar], X, 1910, p. 199-235, 22 pl. coupes, 1 carte tectonique); H. Douvillé, *Les explorations géologiques de M.* Perrier de la Bathie *à Madagascar* (C. R. Acad. Sc., CLIII, 1911, 2e sem., p. 414-417); R. Zeiller, *Sur une flore triasique découverte à Madagascar par M.* Perrier de la Bathie (Ibid., p. 230-235). — Pour l'étude détaillée des nombreux matériaux rapportés au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris par les voyageurs et les missionnaires, consulter la *Paléontologie de Madagascar*, en cours de publication depuis 1906 dans les *Annales de Paléontologie* de M. Boule, et dont les parties suivantes ont déjà paru : I. M. Boule et A. Thévenin, *Fossiles de la côte orientale* (I, 1906, p. 43-59, pl. I, II); II. R. Douvillé, *Sur quelques gisements nummulitiques de Madagascar* (I, 1906, p. 61-68, pl. III); III. M. Boule, P. Lemoine et A. Thévenin, *Céphalopodes crétacés des environs de Diégo-Suarez* (I, 1906, p. 173-192, pl. XIV-XX; et II, 1907, p. 1-56, pl. I-VIII); IV. A. Thévenin, *Dinosauriens* (II, 1907, p 121-136, pl. XVII, XVIII); V. A. Thévenin, *Fossiles liasiques* (III, 1908, p. 105-143, pl. VIII-XII); VI. J. Cottreau, *Les Échinides* (III, 1908, p. 145-188, pl. XIII-XVII); VIII. P. Lemoine, *Ammonites du Jurassique supérieur du Cercle d'Analalava* (V, 1910, p. 137-168, pl. XVI-XX; et VI, 1911, p. 45-64, pl. VI-VIII). Voir aussi M. Boule et A. Thévenin, *Sur de nouveaux fossiles de la côte orientale de Madagascar* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér,, VII, 1907, p. 314-316); P. Lemoine, *Contributions à la Géologie des Colonies françaises. III. Fossiles crétacés de la côte Est de Madagascar* (Ibid., p. 480-481); R. Douvillé, *Sur des formations oligocènes et miocènes de Madagascar* (Ibid., VIII, 1908, p. 321-323). — En fait de travaux descriptifs, consulter : sur le massif archéen du centre de l'île : L. Duparc, M. Wunder et R. Sabot, *Les minéraux des pegmatites des environs d'Antsirabé à Madagascar* (Mém. Soc. de Physique et d'Hist. Nat. de Genève, XXXVI, 1910, p. 283-410, 51 fig., 40 clichés phot. hors texte); sur la bordure sédimentaire du Sud-Ouest : J. Bührer, *Le pays Mahafaly* (La Géographie, Paris, XXII, 1910, 2e sem., p. 377-388, pl. 2 : carte, et 1 carte géol. dans le texte); J. Giraud, *Sur la Géologie du Sud de Madagascar* (C. R. Acad. Sc., CLIV, 1912, 1re sem., p. 1545-1547); sur les régions volcaniques : A. Lacroix, *Les volcans du centre de Madagascar. Le massif de l'Itasy* (C. R. Acad. Sc., CLIV, 1912, 1re sem., p. 313-317); *Le massif de l'Ankaratra* (Ibid., p. 476-481).]

1. A. Agassiz en donne une excellente image dans son mémoire : *The Coral Reefs of the Maldives* (Mem. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXIX, 1903, pl. 7).

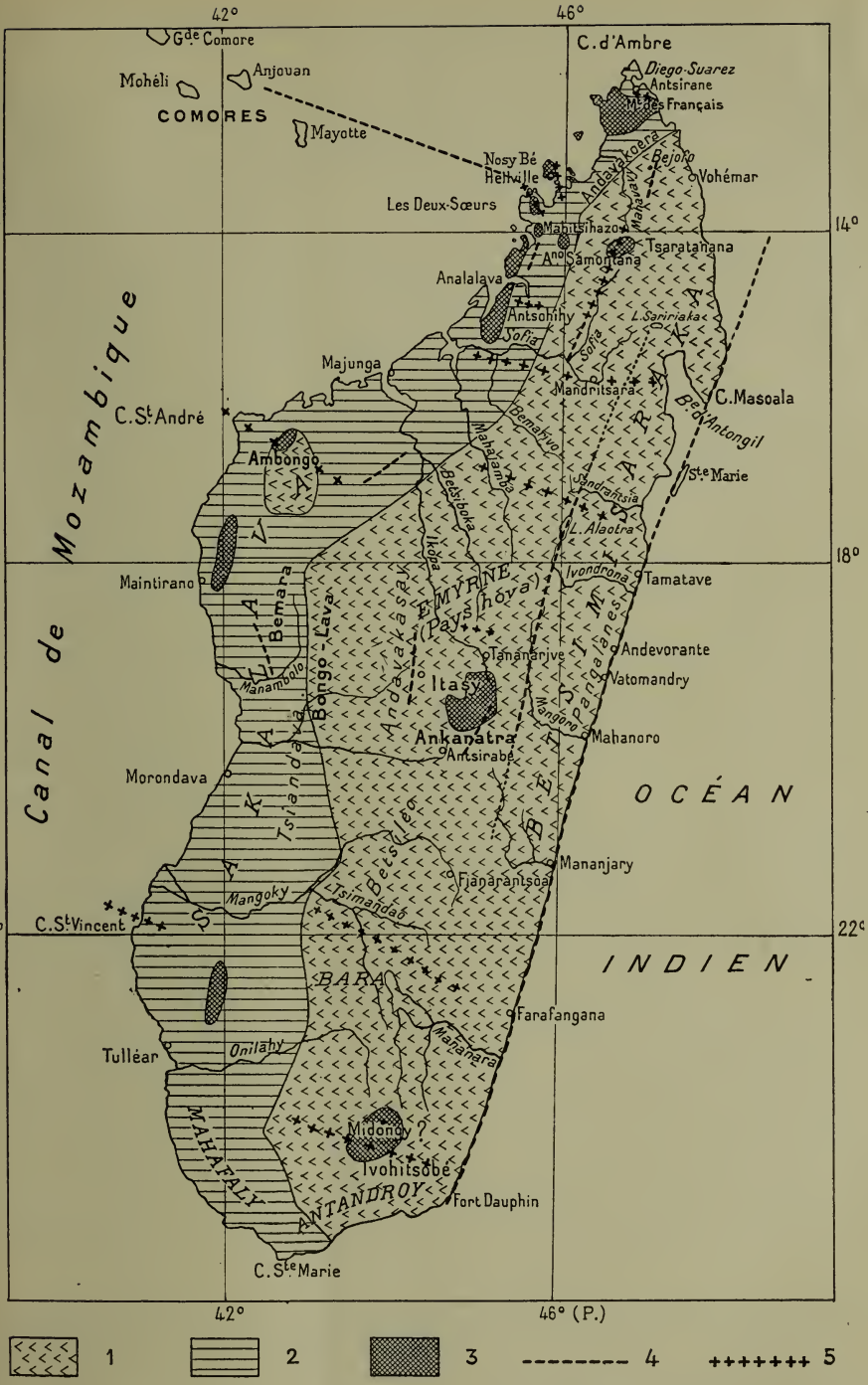


FIG. 225. — Croquis tectonique de Madagascar, d'après P. Lemoine (*Handbuch der regionalen Geologie*, herausgegeben von G. Steinmann und O. Wilckens, 6. Heft (VII. Bd., 4. Abt.), Heidelberg, 1911, p. 2, fig. 1).

1. Granite; 2. Terrains sédimentaires (du Permien à l'Aquitanien); 3. Basaltes tertiaires et récents; 4. Failles ou plis longitudinaux; 5. Axes anticlinaux et synclinaux transversaux.
Échelle de 1 : 9 000 000.

La position de ces lignes influe sur les contours de l'Océan. D'ailleurs, on ne peut guère leur imputer son affaissement; il est plus probable, comme pour les fractures varisques, que ces failles ont une autre origine, mais qu'elles ont été utilisées par l'affaissement et en ont limité les effets.

Toutes les cassures et tous les fossés que l'on a cités, à l'exception du graben rhénan, se trouvent dans des régions tabulaires. Ces plateaux, dans l'Inde et en Afrique, et peut-être même dans toute leur étendue, ont été arasés dès avant l'époque du Gondwana inférieur et n'ont pas été plissés depuis.

En dehors du fossé du Tanganyka, qui est légèrement arqué, beaucoup de ces cassures sont caractérisées par leur direction rectiligne, qui se maintient sur de grandes longueurs. Beaucoup affectent d'une façon frappante un tracé très voisin du méridien [1]. De plus, elles sont en majeure partie accompagnées de volcans [2]. Mais ce qui est tout à fait digne de remarque, c'est qu'elles sont limitées à une partie déterminée de la surface terrestre. Nulle part on ne rencontre d'accidents analogues en Asie (exception faite pour la Syrie et la péninsule de l'Inde) ou en Amérique. Des dislocations dues à des tensions de l'écorce (lignes disjonctives), et accompagnées de volcans, y sont connues également, dans des régions plissées; mais leur allure se montre toujours recourbée parallèlement à la direction des plis.

Le graben du Rhin est le seul qui empiète sur le domaine des Altaïdes [3].

Seule, la répétition de failles méridiennes dans la partie la plus septentrionale du domaine atlantique, du Groenland aux Iles Lofoten, présente quelques analogies avec l'Océan Indien. Nous hésitons provisoirement à rapporter à ce genre d'accidents la ligne de volcans de l'intérieur des Hébrides et l'antique graben de Kristiania.

Lorsque ces lignes constituent un rivage marin, comme en Syrie, à Madagascar et ailleurs, on ne voit pas de graben et même généralement pas de volcans. Quand les fossés sont bien délimités et lorsqu'ils conservent sur de grandes distances une largeur à peu près constante, on remarque une analogie de dimensions, dans le sens transversal, qui est tout à fait frappante. C'est 30 à 45 kilomètres pour le graben de l'Upemba; 35 à 40 kilomètres pour celui du Tanganyka, avec élargis-

[1. Sur la direction N.-S. des fractures africaines, voir : Fr. Winterfeld, *Über meridionale, ganz Westdeutschland (bezw. Europa) durchsetzende Verwerfungsspalten* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXIII, 1912, p. 509-579, pl. XII-XIV).]

[2. Une enquête statistique très complète sur les volcans africains a été faite par Hans Simmer, *Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den afrikanischen Inseln* (Günther's Münchener Geogr. Studien, n° 18. In-8°, 218 p., München, 1906).]

3. Il y a lieu de rappeler que les anciens fossés d'effondrement de l'Inde, formés avant le Gondwana supérieur, se rapprochent plutôt de la direction E.-W.

sement jusqu'à 50 kilomètres; 30 à 50 kilomètres au Nyassa, 32 à 34 kilomètres dans la partie méridionale du fossé rhénan. Le grand *graben* est-africain est très irrégulier; il comporte des gradins, puis des fosses annexes et des horsts, de sorte qu'il est difficile de donner un chiffre exact. Dans une partie très étroite, par 2° de lat. S., sa largeur peut se réduire à 20 kilomètres. La Mer Rouge est beaucoup plus large que tous ces effondrements, mais sa largeur est très constante. Luksch donne comme maximum, pour la moitié septentrionale, 334 kilomètres. La moitié méridionale profonde du Golfe d'Akaba a une largeur de 27 kilomètres 8 dans la partie couverte par les eaux, de sorte que l'écartement des parois atteint ou dépasse légèrement 30 kilomètres. Il serait désirable de réunir sur ce sujet des données numériques précises.

Dans ce qui précède, on n'a pas fait mention d'une propriété commune des roches éruptives qui sont venues au jour le long des cassures africaines : elles sont caractérisées par leur teneur en alcalis et par la diminution de la magnésie et de la chaux. Ces faits ne prendront toute leur importance que quand nous les comparerons avec ceux qui ont été observés dans d'autres régions.

II. — Montagnes du Cap.

On est habitué à désigner le Brésil, l'Afrique et la Presqu'île de l'Inde comme des masses australes et à les opposer à la Laurentia et au Nord de l'Asie. Le qualificatif d' « austral » est exact, par comparaison avec l'une et l'autre de ces régions. Mais le Brésil et l'Afrique sont traversés par l'équateur : la Presqu'île de l'Inde se trouve au Nord de cette ligne, et l'examen d'une carte quelconque montre que, quand on considère l'ensemble du globe, ces masses forment une ceinture non pas australe, mais bien médiane. Cette façon de s'exprimer a donné naissance à une sorte de préjugé sur les relations de ces continents avec le véritable Sud, c'est-à-dire avec l'Antarctide.

Dans l'Afrique Australe, à une distance du Sud de l'Equateur qui n'est guère plus grande que la distance à laquelle se trouve le Haut-Atlas, au Nord, il existe des traces indubitables d'un plissement autonome. L'ancien massif africain n'atteint pas le Cap de Bonne-Espérance et ne se relie pas d'une façon continue avec les terres antarctiques dont on pourrait supposer l'existence, jadis, plus au Sud.

Le Sud de l'Afrique a été dépeint comme un plateau de couches du Karroo, entouré à l'Ouest et au Sud par des chaînes de plissement[1].

[1. Sur l'Afrique Australe et ses chaînes de montagnes, consulter : A. W. Rogers and

Vers le Sud-Est, cette ceinture est interrompue, et le plateau s'étend librement jusqu'à la mer; vers l'Est et le Nord-Est réapparaissent de nouvelles traces (I, p. 493). A l'époque où cette description fut écrite, il n'était pas possible de préciser les relations de ces montagnes bordières avec le plateau. Des observations ultérieures ont montré que les plis de la chaîne bordière occidentale et méridionale se sont formés jusqu'à l'époque des plis varisques et armoricains d'Europe, et peut-être même jusqu'un peu après l'époque permienne. *Le Karroo est donc un véritable avant-pays.* Ce fait est particulièrement frappant quand on compare l'Afrique Australe avec l'Inde. Là, les arcs de bordure se pressent contre l'avant-pays de la péninsule au Nord, à l'Ouest et à l'Est; ici, le mouvement est dirigé vers le Karroo à partir du Sud, de l'Ouest et probablement aussi de l'Est.

Je dois exprimer toute ma gratitude à M. Schenck, dont les lettres détaillées, écrites alors qu'il résidait là-bas, me faisaient prévoir depuis plusieurs années ce résultat; ses conclusions ont été confirmées par les travaux plus explicites du Service géologique de la Colonie du Cap.

Rogers a reconnu que les chaînes plissées de l'Ouest et du Sud se rencontrent en formant un véritable rebroussement[1]. Ce savant de mérite m'a proposé, dans une de ses lettres, de nommer le faisceau de l'Ouest *Cedarbergen* et celui du Sud *Zwartebergen*. Le sommet du rebroussement est situé près de Karroo Poort, et la courbure rentrante des plissements se continue par delà Worcester jusqu'à l'angle Sud-Ouest de la côte.

La succession des couches est la même dans les deux chaînes : la voici, en complétant ce qui a été dit précédemment : 1. Phyllades anciens (couches de Malmesbury), avec granite intrusif souvent trans-

A. L. Du Toit, *An Introduction to the Geology of Cape Colony*. With a chapter on the Fossil Reptiles of the Karroo Formation by R. Broom. Second edition. In-8°, London, 1909, XIII-491 p., carte géol. coloriée, 54 fig. et pl.; G. S. Corstorphine, *The History of Stratigraphical Investigation in South Africa* (Report South African Assoc. Adv. Sc., II, 1904, p. 145-181, 1 pl.); F. H. Hatch and G. S. Corstorphine, *The Geology of South Africa*, 2d ed. London, 1909; S. Passarge, *Südafrika. Eine Landes-, Volks- und Wirtschaftskunde*. In-8°, XII-355 p., 47 fig., 34 cartes, Leipzig, 1908; W. M. Davis, *Observations in South Africa* (Bull. Geol. Soc. America, XVII, 1906, p. 377-450, pl. 47-54 : phot.); W. M. Davis, *The Mountains of Southernmost Africa* (Bull. American Geogr. Soc., New York, XXXVIII, 1906, p. 593-623, 13 fig. dans le texte). — Une carte géologique de la Colonie du Cap, à l'échelle de 1 : 238 000, et dont 15 feuilles ont déjà paru, est en cours de publication depuis 1906. — Pour une Bibliographie des travaux relatifs à la géologie de la Colonie du Cap, publiés jusqu'au 31 décembre 1904, voir le catalogue dressé par Miss M. Wilman (Trans. South African Phil. Soc., Cape Town, XV, pt. 5, 1905, p. 283-467).]

1. A. W. Rogers and A. L. Du Toit, *Geological Survey of Parts of the Divisions of Ceres, Sutherland, and Calvinia* (Cape of Good Hope, Ann. Rept. Geol. Commission, 1903, p. 13, 1904); les mouvements violents qui se produisent, aux environs de Worcester, dans les chaînes convergentes, sont décrits par E. Schwarz, *Geological Survey of the Divisions of Tulbagh, Ceres, and Worcester* (Ibid., 1905, p. 261, 290, 1906).

formé en gneiss ; 2. Schistes et grès pourprés, avec traces de vers (couches d'Ibiquas; provisoirement, on place ici les couches douteuses de Cango); 3. Discordance; grès de la Montagne de la Table; 4. Grès et schistes à *Homalonotus*, *Leptocardia*, etc. (couches du Bokkeveld); c'est le Dévonien des Iles Falkland et du Matto Grosso, les schistes d'Icla dans les Andes Boliviennes, l'Upper Helderberg des Etats-Unis[1]; 5. Schistes avec *Spirophyton*, *Cyclostigma* (couches du Witte-

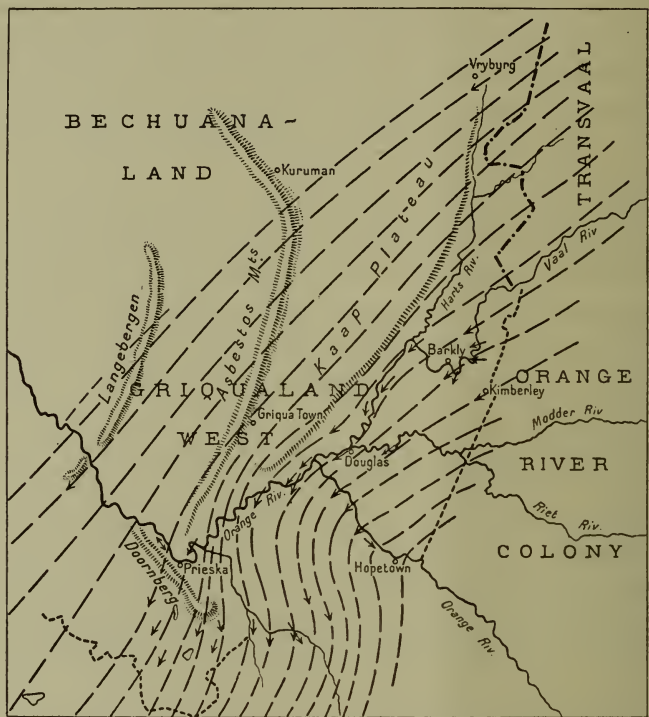


FIG. 226. — Direction des mouvements glaciaires dans le Nord du bassin de l'Orange, à l'époque de la formation du conglomérat de la Dwyka, d'après A. W. Rogers et A. L. Du Toit (*An Introduction to the Geology of Cape Colony*, 2d ed. In-8°, London, 1909, p. 185, fig. 12).

Les points où ont été observées des surfaces polies par les glaciers sont désignés par des flèches. Échelle de 1 : 5 000 000 environ.

berg); 6. Discordance; au-dessus vient la série du Karroo, depuis le conglomérat de la Dwyka, dont la formation est rapportée à des phénomènes glaciaires (fig. 226), jusqu'aux couches triasiques du Stormberg; 7. Discordance et fin des couches supérieures à Plantes. En contrebas, mais seulement dans le Sud et dans l'Est, viennent des dépôts fluviatiles, puis des sables et schistes avec *Palæozamia*, etc., et aussi *Psammobia* et *Ostrea*. Ce sont les conglomérats d'Enon et les couches à bois

1. E. H. L. Schwarz, *Detailed Description of the Bokkeveld Beds at the Gamka Poort, Prince Albert* (Cape of Good Hope, Ann. Rept. Geol. Commission, 1899, p. 33-49, 1900).

fossile[1]; on trouve ensuite des sédiments marins et en particulier du Néocomien (8. Couches d'Uitenhage); 9. Puis, plus au Nord, dans la Baie d'Algoa, d'après Kilian[2], des couches aptiennes; 10. Enfin viennent les couches crétacées du Natal, qui, d'après Kossmat[3], ne sont pas plus anciennes que le Sénonien inférieur.

La *Chaîne des Cedarbergen* s'oriente N.N.W., et le plissement est dirigé de l'W. à l'E. La vallée de l'Olifants River est, en majeure partie, une vallée longitudinale. Les terrains les plus anciens, en particulier les couches de Malmesbury, apparaissent dans l'Ouest; il y existe du granite, par exemple à la Montagne de la Table, et, en superposition, les grès de la Montagne de la Table. Le Piquetberg est un synclinal de cette couverture des grès transgressifs de la Montagne de la Table. Ils ne sont pas aussi énergiquement plissés que les couches du Bokkeveld et du Witteberg, qui leur succèdent vers l'Est. Celles-ci atteignent 1 932 mètres, tandis que l'altitude jusqu'à laquelle s'élèvent les roches anciennes est beaucoup moindre. Dans la partie Sud de la chaîne, le conglomérat de la Dwyka paraît reposer en concordance sur les terrains antérieurs; là, le plissement affecte les termes les plus anciens de la série du Karroo, dans laquelle se présentent des écailles imbriquées. Mais, plus au Nord, la situation est différente. Les plis adjacents s'atténuent; les couches du Witteberg, puis celles du Bokkeveld disparaissent peu à peu, enlevées par une dénudation énergique, qui doit avoir précédé le dépôt du conglomérat de la Dwyka; quant à ce dernier, il s'étend de proche en proche non seulement sur ce qui reste de ces couches, mais aussi jusque sur les schistes de Malmesbury. Vers 31° 30′, la chaîne a complètement disparu. Des granites et des gneiss apparaissent alors et se continuent jusqu'au delà du fleuve Orange. Le Langeberg est une longue ride de conglomérat de la Dwyka reposant sur des gneiss; la direction N.N.W. se maintient dans les gneiss très loin au Nord; mais il n'est pas prouvé que ces roches représentent la continuation des masses de granite et de gneiss des Cedarbergen[4].

De ces faits résulte que la Chaîne des Cedarbergen est plus ancienne

1. A. W. Rogers and E. H. L. Schwarz, *Report on the Survey of Parts of the Uitenhage and Port Elizabeth Divisions* (Cape of Good Hope, Ann. Rept. Geol. Comm., 1900, p. 3-18, 1901).

2. W. Kilian, *Ueber Aptien in Südafrika* (Centralbl. f. Min., 1902, p. 465-468).

3. F. Kossmat, *Die Bedeutung der südindischen Kreideformation für die Beurtheilung der geographischen Verhältnisse während der späteren Kreidezeit* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIV, 1894, p. 459-478; en particulier p. 463).

4. A. W. Rogers and A. L. Du Toit, *Geological Survey of Parts of the Divisions of Ceres, Sutherland and Calvinia* (Cape of Good Hope, Ann. Rept. Geol. Commission, 1903, p. 9-70, 3 cartes hors texte, 1904); A. W. Rogers and E. H. L. Schwarz, *Report on the Survey of Parts of the Clanwilliam, Van Ryn'S Dorp, and Calvinia Divisions* (Ibid., 1900, p. 19-54); et ailleurs.

que le conglomérat de la Dwyka, et que des mouvements posthumes se sont produits dans le voisinage du rebroussement; il y a eu aussi une dénudation très profonde avant l'époque de la Dwyka.

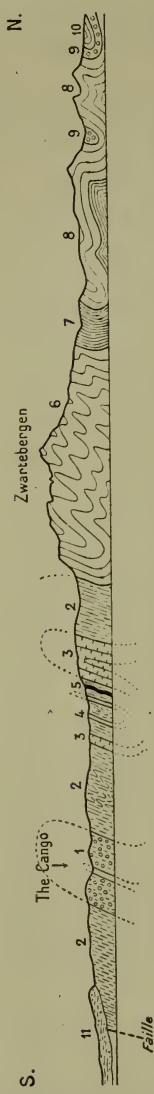


Fig. 227. — Chaînes du Cap. Coupe du faisceau des Zwartebergen à l'Est du village de Prince Albert, d'après A. W. Rogers et A. L. Du Toit (*An Introduction to the Geology of Cape Colony*, 2e ed. In-8°, London, 1909, p. 40, fig. 4).

Série de Cango : 1. Conglomérats; 2. Schistes ardoisiers; 3. Calcaires; 4. Porphyroïde; 5. Dyke de dolérite modifiée. — *Système du Cap* : 6. Série de la Montagne de la Table; 7. Série du Bokkeveld; 8. Série du Witteberg. — *Système du Karroo* : 9. Série de la Dwyka; 10. Série d'Ecca. — 11. Couches d'Uitenbage.

Échelle de 1 : 175 000 environ (longueurs et hauteurs).

La *Chaîne des Zwartebergen* est dirigée à peu près à angle droit sur la précédente, et est construite d'une manière analogue; le plissement se montre toutefois dirigé du Sud vers le Nord (fig. 227). Le rebroussement présente une série de particularités, qui pourront peut-être jeter quelque lumière sur la façon dont les grandes chaînes de plissement se refoulent réciproquement quand elles se rencontrent; c'est un point sur lequel nous reviendrons, d'ailleurs. A Worcester, au milieu de la région du rebroussement, Schwarz a observé une puissante fracture; son tracé est en fer à cheval, concentrique à l'inflexion des plis du rebroussement (*Schaarung*). Vers l'Est, elle se prolonge, en diminuant peu à peu d'amplitude, au Sud de la chaîne des Langebergen, sur plus de 140 kilomètres[1]; elle met une longue bande des termes inférieurs de la série du Karroo en contact avec les phyllades de Malmesbury, ce qui correspond à une dénivellation verticale de 12 000 à 15 000 pieds [4 000 à 5 000 mètres].

Au Sud de cette faille, trois ou quatre bandes de grès de la Montagne de la Table forment les têtes de plis ou peut-être les bords d'écailles dirigées E.-W. ou E.S.E.; elles constituent l'élément le plus saillant de la tectonique locale. A l'approche du rebroussement, en particulier vers l'Ouest, leurs affleurements s'infléchissent en arc de cercle; en même temps, on les voit se réunir et former, le long même de l'arête du rebroussement, une zone de grès

[1. D'après R. H. Rastall, l'âge de cet accident serait, en partie du moins, post-crétacé : *The Geology of the Districts of Worcester, Robertson and Ashton, Cape Colony* (Quart. Journ. Geol. Soc., London, LXVII, 1911, p. 701-733, pl. LI : carte géol., et croquis tectonique de la p. 726).]

de la Montagne de la Table qui se dirige vers le S.W. Des environs de Worcester, cette zone atteint la mer dans la presqu'île située à l'Est de la False Bay, et en particulier au Cap Hangklip[1].

Sur le bord extérieur des montagnes, les plissements se poursuivent en formant des voûtes allongées et des écailles nombreuses jusque dans les termes inférieurs de la série du Karroo : sur la carte géolo-

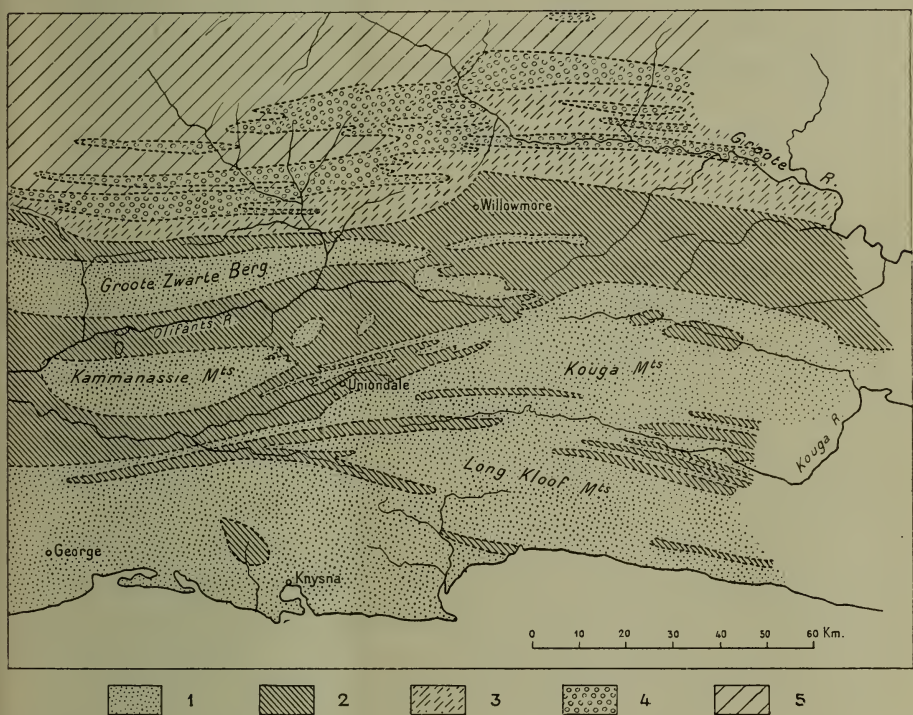


Fig. 228. — Carte d'une partie des chaînes plissées de l'Afrique du Sud, d'après E. H. L. Schwarz (*in* A. W. Rogers et A. L. Du Toit, *An Introduction to the Geology of Cape Colony*, 2d ed. In-8°, London, 1909, p. 127, fig. 10).

1. Série de la Montagne de la Table (y compris quelques affleurements des roches antérieures); 2. Série du Bokkeveld; 3. Série du Witteberg; 4. Série de la Dwyka; 5. Série d'Ecca. — Les lambeaux des couches d'Uitenhage n'ont pas été figurés. — Échelle de 1 : 1 600 000.

gique, on voit ceux-ci pénétrer, en indentations, au milieu des couches du Witteberg (fig. 228). Vers le Nord, les plis diminuent peu à peu; mais des traces isolées de ces mouvements s'observent encore à 20 ou 30 kilomètres plus au Nord, dans les contreforts du Petit Roggeveld. Tous ces plis du bord extérieur ont une caractéristique commune : ils se ter-

1. G. S. Corstorphine, A. W. Rogers and E. H. L. Schwarz, Cape of Good Hope. Ann. Rept. Geol. Commission for 1897, pl. I, II : carte et coupes; Id. for 1898; et surtout E. Schwarz, *Geological Survey of the Divisions of Tulbagh, Ceres and Worcester* (Id. for 1905, p. 259-290).

minent en coin vers l'Est. C'est ainsi que, là encore, à l'approche du sommet du rebroussement, se traduit l'accentuation du plissement récent, survenu après l'époque du conglomérat de la Dwyka.

Plus loin vers l'Est, au delà de la Gouritz River, court, à l'Est de Prince Albert, la partie septentrionale de la Chaîne des Zwartebergen; elle est dirigée de l'Ouest à l'Est, et la vallée parallèle du Zwart River la sépare de la chaîne également parallèle des Tygerbergen. Au Nord de celle-ci se trouve le Karroo [1].

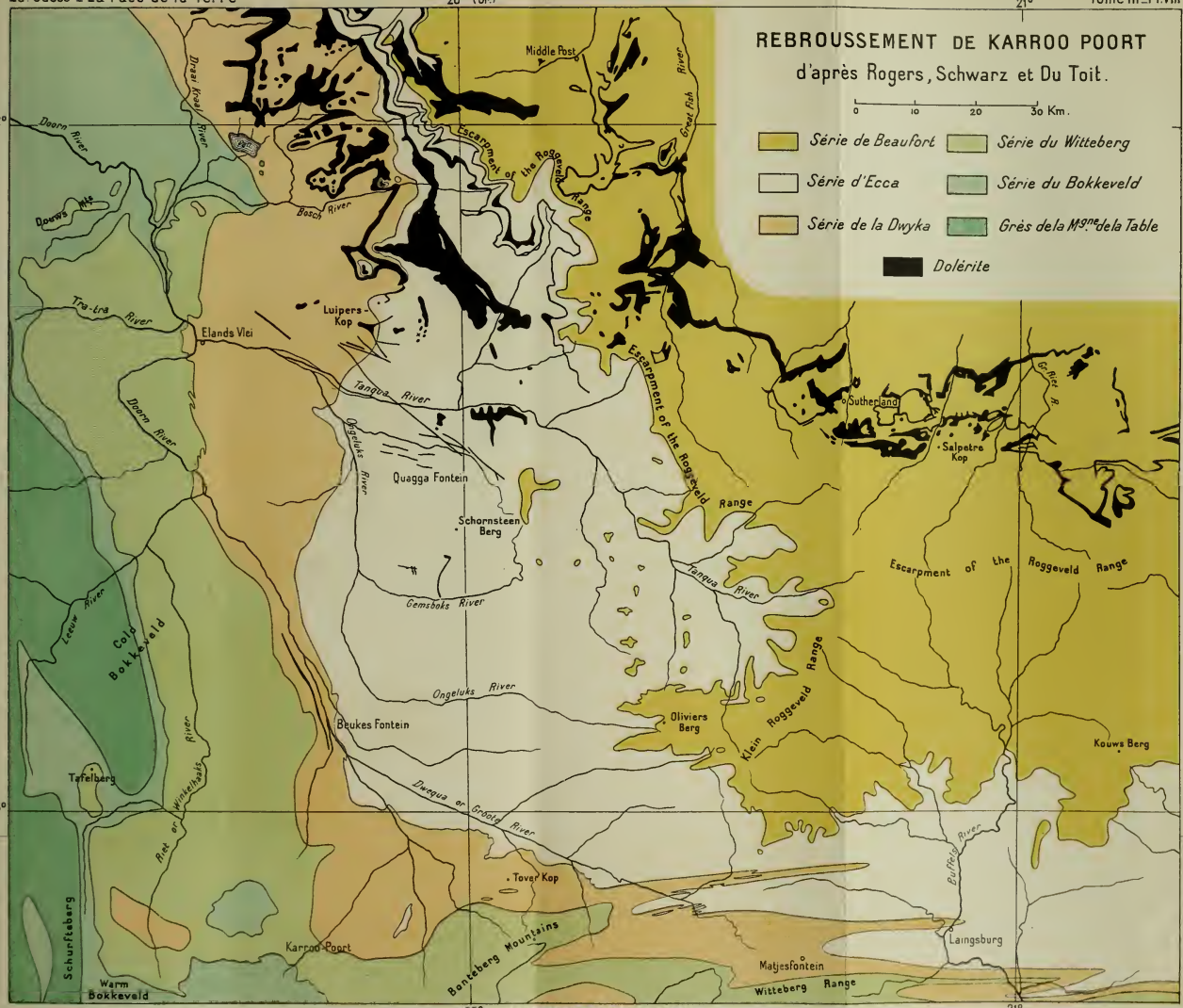
Plus loin encore vers l'Est, la direction s'infléchit de plus en plus de l'Est vers l'E.S.E. La chaîne, oblique au littoral, forme une côte à rias et s'enfonce sous la mer à la Baie St Francis, à la Baie d'Algoa et sur les bords de la Great Fish River.

Sur toute l'étendue de la chaîne des Zwartebergen, depuis Worcester jusqu'à la mer vers l'Est, on voit les traces, aujourd'hui séparées les unes des autres, d'une ancienne vallée longitudinale, jalonnée par des lambeaux de conglomérat d'Enon. Ce dépôt ressemble beaucoup aux cailloutis des fleuves actuels, mais contient des intercalations de bancs à *Estheria*. A Swellendam, un sondage a traversé un de ces lambeaux sur 800 pieds [266 mètres] sans en atteindre la base. Ce conglomérat, qui se rapproche par son âge du Wealdien d'Europe, n'a subi aucun plissement; mais, çà et là, on le voit fortement redressé. Rogers remarque que les fleuves actuels, dans cette chaîne de montagnes, en venant du Nord, traversent cette ancienne vallée longitudinale et atteignent ensuite la mer par un cours oblique, à travers les roches anciennes des zones internes [2]. La disposition est la même qu'au Chili, où les vallées transversales venant des Andes traversent d'abord la vallée longitudinale, et ensuite les chaînes côtières.

Dans le Sud-Est, le plateau du Karroo arrive jusqu'à la mer; un fragment du continent africain manque de ce côté (I, p. 493, fig. 73). Mais, à partir du fleuve Saint-John, les roches de la Chaîne des Zwartebergen reviennent au jour, moins énergiquement plissées d'ailleurs et avec une direction N.N.E. Cette structure paraît se continuer dans le Natal; mais on manque encore d'observations récentes (I, p. 500). Ce sont là les débris d'une troisième chaîne, encore peu connue, la chaîne

1. Sandberg considère les Tygerbergen comme le front d'une nappe de recouvrement, hypothèse combattue par Schwarz; C. Sandberg, *Tectonic Remarks on the probable Big Tygerberg inverted Fold and on the relative position between the Witteberg Quarzites and the Dwyka and Ecca Series in the Prince Albert District of the Cape Colony* (Trans. Geol. Soc. of South Africa, Johannesburg, IX, 1906, p. 82-89, pl. XXI : carte, coupes et phot.): E. H. L. Schwarz, *The Tygerberg Anticline* (Geol. Mag, new ser., dec. 5, IV, 1907, p. 487-490, pl. XXII : phot.).

2. A. W. Rogers, *The geological History of the Gouritz River System* (Trans. South African Phil. Soc., XIV, 1903, p. 375-384, carte).


REBROUSSEMENT DE KARROO POORT
d'après Rogers, Schwarz et Du Toit.
0 10 20 30 Km.
Série de Beaufort
Série du Witteberg
Série d'Ecca
Série du Bokkeveld
Série de la Dwyka
Grès de la Mgne de la Table
Dolérite
20° (Gr.)
21°
32°
33°
Middle Post
Great Fish River
Escarpment of the Roggeveld Range
Drasi Kraal River
Doorn River
Douws Hts
Bosch River
Tra-tra River
Elands Vlei
Luipers Kop
Tanqua River
Doorn River
Ongeluks River
Quagga Fontein
Schornsteen Berg
Gemsboks River
Leeuw River
Cold Bokkeveld
Ongeluks River
Beukes Fontein
Oliviers Berg
Klein Roggeveld Range
Escarpment of the Roggeveld Range
Sutherland
Salpetre Kop
Great R.
Kouws Berg
Tafelberg
Riet or Witteberg River
Dwyka or Groot River
Tover Kop
Buffels River
Laingsburg
Schurfteberg
Karroo Poort
Bonteberg Mountains
Matjesfontein
Witteberg Range
Warm Bokkeveld

des *Monts Pondo*. M. Rogers a eu l'amabilité de me faire connaître par lettre l'hypothèse qu'il avait émise de l'existence sous la mer, au Sud-Est, d'un second rebroussement, rappelant celui de Worcester[1].

Par là se confirme l'analogie avec l'avancée de trois grandes chaînes de plissement, aussi bien vers la péninsule de l'Inde que vers le Nord de l'Océan Pacifique. L'Afrique acquiert ainsi, à un plus haut degré encore, les caractères d'un *avant-pays, non pas austral mais équatorial*; l'hémisphère Sud présente dans ces parages des traces incontestables d'une répétition de la structure asiatique, mais avec mouvement vers le Nord.

Mais il y a, en outre, cette circonstance remarquable que les chaînes indiennes invoquées dans cette comparaison ont continué à se développer jusqu'après l'époque miocène; ici, au contraire, la formation de la chaîne s'est terminée à l'époque du Permien, au plus tard à l'époque du Trias inférieur. A cet égard, l'Afrique du Sud ressemble beaucoup plus aux Altaïdes Occidentales anté-permiennes, qui se trouvent sous les mêmes méridiens, qu'au reste de la périphérie de l'Asie. De plus, les Montagnes du Cap ne résultent pas d'un plissement à rebours, et la Chaîne des Zwartebergen tout au moins n'est pas une branche libre.

1. Cette hypothèse est également formulée dans son livre : *An Introduction to the Geology of Cape Colony*. In-8°, XVII-463 p., 1 carte géol. h. t., London, 1905; en particulier p. 27, fig. 3, et p. 96. Voir aussi sur ce point D. Draper, *The Marble Beds of Natal* (Quart. Journ. Geol. Soc., LI, 1895, p. 51-56).

CHAPITRE XVIII

OCÉANIDES [1]

Relations avec le Sud. — Avant-fosses considérées comme limites de l'Asie. — Ligne Ruahine-Kermadec-Tonga. — Premier arc australien. — Nouvelle-Guinée : 1. Nouvelle-Guinée Britannique; 2. Nouvelle-Guinée Allemande; 3. Nouvelle-Guinée Néerlandaise. Vue d'ensemble de la Nouvelle-Guinée. — Iles au Nord-Est de la Nouvelle-Guinée. — Du Nouveau Mecklembourg à l'Ile Hunter. — Nouvelle-Calédonie. — Deuxième arc australien; Carolines, Iles Fidji. — Troisième arc australien et coup d'œil général; virgation de la Nouvelle-Zélande. — Polynésie. — Iles Hawaï. — Vue d'ensemble.

Relations avec le Sud (II, p. 240). — La Terre de Van Diemen est un fragment de l'Australie [2]. Sur plus de 34° de latitude, la côte,

[1. Traduit par Paul Lemoine et Emm. de Margerie. — Sur la configuration, la structure et l'histoire des archipels océaniens en général, voir P. Marshall, *Oceania* (*Handbuch der Regionalen Geologie*, herausgegeben von G. Steinmann und O. Wilckens, 9. Heft; VII. Band, 2. Abt.). In-8°, 36 p., 10 fig. cartes et coupes, Heidelberg, 1911 ; renferme, p. 32-36, d'abondantes indications bibliographiques); Sir John Murray and G. W. Lee, *The Depth and Marine Deposits of the Pacific* (Mem. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXXVIII, n° 1. Cambridge, 1909. In-4°, 169 p., 5 pl., 3 cartes coloriées à 1 : 40 000 000 : profondeurs, dépôts, teneur en carbonate de chaux); et les feuilles AII, AIII, A'II, A'III, de la *Carte générale bathymétrique des Océans*, dressée par ordre de S. A. S. le Prince Albert de Monaco [1905]. In-f°, Paris (tous les sondages en eau profonde, exécutés depuis l'achèvement de la 1re édition de cette carte, — dont une 2e éd. est en cours de publication — sont énumérés dans le Répertoire publié sous le même titre. In-8°, 326 p., 1 tableau d'assemblage, Paris, 1910; 2e fascicule, 244 p., 1912). Voir aussi la belle carte du Dr M. Groll, *Der Stille Ozean*, 1 : 40 000 000 (Veröffentlichungen d. Instituts f. Meereskunde, Neue Folge, A, Heft 2), Berlin, 1912.]

[2. Voir le t. II du présent ouvrage, p. 231 et suiv. Sur la géologie du Continent australien, en général, consulter en outre : J. W. Gregory, *Australasia, vol. I. Australia and New Zealand*. Second edition, rewritten (Stanford's Compendium of Geography and Travel. New Issue). In-8°, XXIV-657 p., 97 fig., 16 pl. dont 1 carte géol. (p. 104), London, 1907; pour la stratigraphie, voir Herbert Basedow, *Beiträge zur Kenntnis der Geologie Australiens*. I. *Skizze der geologischen Entwickelung des australischen Festlandes* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXI, 1909, p. 306-353, 13 fig. dont 8 cartes de distribution des terrains); pour la tectonique : T. W. Edgeworth David, *Notes on Some of the Chief Tectonic Lines of Australia* (Journ. and Proc. Royal Soc. New South Wales, XLV, pt. 1, 1911. Presidential Adress, p. 4-60, pl. I-III, 9 fig.; la pl. II est une carte intitulée : « Tectonic Features of Australia

orientale, commune aux deux régions, s'étend jusqu'au Sud de la Nouvelle-Guinée. Sur cette côte manquent les sédiments tertiaires, qui, ailleurs, notamment à partir de la côte méridionale, pénètrent dans l'intérieur de l'Australie. Aussi la considère-t-on comme résultant d'une dislocation récente[1]. Dans le Golfe de Carpentaria, sur la côte Ouest de la Presqu'île d'York, on a signalé des calcaires disposés en terrasses, s'adossant contre les roches antérieures. Ils manquent sur toute la côte orientale, et le long de la moitié Nord de celle-ci se trouve le grand récif-barrière. Agassiz a montré comment les montagnes qui accompagnent la côte se prolongent toujours vers le Nord sous la forme de contreforts rocheux, étroits et élevés, ou d'îles à peine séparées du continent; tel est le cas, en particulier, pour l'Ile Hinchinbrook, haute de plus de 900 mètres. En avant de cette côte rocheuse, une large plate-forme, interrompue par des îles plus petites, mais s'élevant encore jusqu'à 300 mètres, s'abaisse doucement vers la mer. On trouve à sa surface des restes d'anciens récifs morts, et sur ses bords vient le récif vivant. Au large de celui-ci, et séparée de lui par des profondeurs de 1 100 à 2 300 mètres, s'étend, suivant toute apparence, entre 18° 30′ et 15° 30′ de lat. S., une large plaine recouverte d'une épaisseur d'eau extrêmement faible[2].

D'après les contours de la côte, on peut supposer que l'effondrement de l'Australie s'est produit suivant une série de cassures plus ou moins parallèles.

Toute la côte orientale est bordée par les chaînons disposés en quinconces qui constituent la Cordillère australienne, dont le plissement est antérieur à une partie au moins du terrain carbonifère. L'effondrement ou la zone de fracture peut être considéré, par conséquent, comme

and Tasmania »; voir aussi, du même : *Report of Committee for Recording Structural Features, such as important Folds and Faults, in Australasia, with a view to Studying the Evolution of the Australasian Land-Surface* (Rept. Australas. Assoc. Adv. Sc., X, Dunedin, 1904, p. 622-630).]

[1. Sur l'ancienne continuité entre l'Australie et la Tasmanie et les modifications récentes subies par les côtes orientales de ces régions, voir E. C. Andrews, *Geographical Unity of Eastern Australia in Late and Post Tertiary Time, with applications to Biological Problems* (Journ. and Proc. Royal Soc. New South Wales, XLIV, pt. 4, 1910, p. 420-460); C. Hedley, *A Study of Marginal Drainage. Presidential Adress* (Proc. Linnean Soc. New South Wales, XXXVI, 1911, p. 1-38); E. C. Andrews, *Preliminary Note on the Geology of the Queensland Coast with references to the Geography of the Queensland and New South Wales Plateau* (Proc. Linnean Soc. New South Wales, XXVII, 1902, p. 146-185, 7 fig.). Voir aussi T. Griffith Taylor, *Physiography of Eastern Australia* (Commonwealth Bureau of Meteorology, Bull. n° 8, 18 p., 30 fig., 1911); C. Hedley, *The Marine Fauna of Queensland* (Rept. Australas. Assoc. Adv. Sc., XII, Brisbane, 1909, p. 329-371, 2 cartes dans le texte).]

2. Alex. Agassiz, *A Visit to the Great Barrier Reef of Australia in the Steamer « Croydon » during April and May, 1896* (Bull. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXVIII, n° 4 (Geol. Series, vol. III), 1898, p. 95-148, pl. I-XLI : phot., coupes et cartes). [Voir aussi C. Hedley and T. Griffith Taylor, *Coral Reefs of the Great Barrier, Queensland. A Study of their Structure, Life-distribution, and Relation to Mainland Physiography* (Rept. Australas. Assoc. Adv. Sc., XI, Adelaide, 1907, p. 397-413. pl. I-III, 6 fig. dans le texte).]

une faille longitudinale, et J. W. Gregory, en se basant sur ce fait, a attribué la côte orientale au type pacifique et la côte méridionale au type atlantique[1].

De la Presqu'île d'York, la Cordillère se prolonge, d'après Haddon, Sollas et Cole, par des îles surtout granitiques, à travers le Détroit de Torres et se termine sur le bord de la grande plaine méridionale de la Nouvelle-Guinée, dans la colline granitique de Mabudauan[2].

La série des couches marines d'Australie présente, pendant l'ère mésozoïque, beaucoup plus de lacunes que celle de Timor, de la Nouvelle-Calédonie ou de la Nouvelle-Zélande. Le terrain crétacé débute assez souvent par l'Aptien et s'étale sur de grands espaces constitués par des terrains archéens; il faut, d'après des observations récentes, y ranger le « Grès du désert ». Dans l'Ouest, on connaît en outre une transgression de la zone jurassique à *Stephanoceras Humphriesianum* (II, p. 243). Cette transgression est importante pour les comparaisons que nous ferons plus tard.

Des *Iles Auckland*[3], on a dit qu'elles étaient constituées par du granite, des grès tertiaires et des roches volcaniques. *Macquarie*[4] est, d'après Ferrar et Prior, formée par de la dolérite où l'on peut reconnaître des traces d'actions dynamiques (surfaces polies, etc.). A l'*Ile Campbell*[5], on connaît des terrains d'âge mésozoïque douteux, de la craie et des roches volcaniques; aux *Iles Antipodes*, de la dolérite et de la phonolite; à l'*Ile Bounty*, on a signalé du granite; à l'*Ile Chatham*[6],

1. J. W. Gregory, *Geography of Victoria*. In-8°, Melbourne, 1903, p. 32 et suiv.

2. A. C. Haddon, W. J. Sollas and G. A. J. Cole, *On the Geology of Torres Straits* (Trans. Royal Irish Acad., XXX, 1894, p. 419-476, pl. XXII-XXV, dont 1 carte). Les Iles Murray, Uga et Erub consistent en laves récentes.

[3. R. Speight and A. M. Finlayson, *Physiography and Geology of the Auckland, Bounty, and Antipodes Islands*, 16 fig., 2 cartes (p. 705-744 de l'ouvrage : *The Sub-Antarctic Islands of New Zealand. Reports on the Geo-Physics, Geology, Zoology, and Botany of the Islands lying to the South of New Zealand, based mainly on Observations and Collections made during an Expedition in the Government Steamer « Hinemoa » (Captain J. Bollous) in November, 1907*. Edited by Ch. Chilton. Published by the Philosophical Institute of Canterbury. 2 vol., in-4°, nombr. pl. et fig., 1 carte bathymétrique en couleurs, Wellington, N. Z., 1909. — Indépendamment des monographies consacrées à la description de chacun des groupes d'îles étudiés, cet important ouvrage renferme une série de mémoires relatifs à l'ensemble de l'archipel : Ch. Chilton, *The Sub-Antarctic Islands of New Zealand and the History of their Scientific Investigation* (I, p. XIV-XXXV, 14 phot.); B. C. Aston, *The Soil and Soilformers of the Sub-Antarctic Islands* (II, p. 745-777); Ch. Chilton, *The Biological Relations of the Sub-Antarctic Islands* (II, p. 793-807); *General Bibliography relating to the Sub-Antarctic Islands...* (II, p. 808-822).]

[4. P. Marshall, *Some Rocks from Macquarie Island* (Rept. Australas. Assoc. Adv. Sc., X, Dunedin, 1905, p. 206-207); H. T. Ferrar, *Notes relative to Macquarie and Auckland Islands* (National Antarctic Expedition, Natural History, vol. I, Geology. In-4°, London, 1907, p. 95-97, 2 fig.).]

[5. P. Marshall and R. Brown, *The Geology of Campbell Island and the Snares* (*The Sub-Antarctic Islands of New Zealand*, 1909, II, p. 680-704, 14 fig., 2 cartes). — Le « Cretaceo-Tertiary » de J. Hector paraît être du Miocène.]

[6. A. Diesseldorff, *Beiträge zur Kenntnis der Gesteine und Fossilien der Chathaminseln*,

des schistes micacés, des calcaires miocènes et des roches volcaniques (II, p. 240). Ces îles ne sont pas disposées suivant des alignements reconnaissables; leur constitution ne fournit aucune réponse précise à la question de savoir si le continent australien se prolonge vers le Sud. Ce n'est qu'au delà de 66° et surtout de 70° de lat. S. que les observations acquièrent une certaine continuité.

Les *Iles Balleny* s'étendent vers le S. E.; elles sont volcaniques; en 1839, le Capitaine Balleny y trouva un volcan en activité.

L'*Ile Scott* (179° 55′ de long. W., 67° 24′ de lat. S.) est, d'après Prior, constituée par du trachyte phonolitique.

Dans le voisinage du cercle polaire, apparaissent les indices de la présence d'un grand continent; ils commencent déjà peut-être à l'Ouest du Mont Gauss (66° 48′ de lat. S., 89° 30′ de long. E.), constitué par du basalte à leucite[1]. La Terre de Wilkes[2] appartient à ce continent, et sans doute aussi toute la Terre de Victoria du Sud jusqu'à 180° et peut-être plus loin encore. Déjà Dumont d'Urville conjecturait, d'après des blocs transportés par les glaces, que le granite et le gneiss jouent un rôle prépondérant dans sa constitution. Philippi a signalé des quartzites rouges provenant de l'estomac des Pingouins. Borchgrevink a rapporté du Cap Adare, outre des laves, qui y sont très développées, des aplites à grenat et des micaschistes[3].

A partir de ce point, nous suivrons la relation de la « *Discovery* », commandée par le Capitaine R. Scott, et, en particulier, les observations géologiques de son compagnon Ferrar[4]. Les traces de terre ferme

sowie einiger Gesteine und neuer Nephrit-Fundorte Neuseelands. Diss. Marburg. In-8°, 58 p., 4 pl., 1901.]

1. E. Philippi, *Geologische Beschreibung des Gaussbergs* (Deutsche Südpolar-Expedition, 1901-1903, herausgegeb. von Erich von Drygalski, II, Heft 1, 1906, p. 49-71, pl. II-VII).

[2. Les tronçons de côtes réunis sous ce nom, et qui suivent à peu près le tracé du cercle polaire, viennent d'être explorés, sur plus de 60° de longitude, par une expédition australienne, placée sous le commandement scientifique de D. Mawson; voir Dr. Douglas Mawson, *The Australasian Antarctic Expedition* (Geogr. Journ., London, XXXVII, 1911, p. 609-620, cartes dans le texte p. 613, et hors texte p. 700); Mawson and Capt. Davis, Ibid., XXXIX, 1912, p. 482-486; W. S. Bruce, *The Australasian Antarctic Expedition, 1911* (Scottish Geogr. Mag., XXVIII, 1912, p. 314-318); *Die australische antarktische Expedition* (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1912, p. 468-470, 1 carte dans le texte, fig. 27, p. 469).]

3. T. W. E. David, W. F. Smeeth and J. A. Schofield, *Notes on Antarctic Rocks, collected by Mr.* C. E. Borchgrevink (Journ. and Proc. Royal Soc. New South Wales, XXIX, 1895, p. 461-492, pl. XIII-XV); G. T. Prior, *Petrographical Notes on the Rock Specimens collected in Antarctic Regions during the voyage of H. M. S. Erebus and Terror, under Sir* J. C. Ross (Mineralog. Mag., XII, 1900, p. 69-91).

4. Capt. Rob. F. Scott, *The Voyage of the « Discovery »*. 2 vol. in-8°, xx-556 et III-508 p., nombreuses pl., 2 cartes, London, 1905; en particulier H. T. Ferrar, *Summary of Geological Observations*, II, p. 437-468 [trad. française publiée sous le titre de : Capitaine Robert Scott, *La « Discovery » au Pôle Sud*. 2 vol. in-8°, 169 pl. phot., 16 fig., 2 cartes hors texte, Paris, 1908 (II, p. 281-320 : « Appendice. Résumé des recherches géologiques accomplies au cours de la croisière de la « Discovery », 1901-1905, par M. H. T. Ferrar, géologue de l'Expé-

se poursuivent suivant une direction à peu près E.-W. jusqu'au méridien des Iles Balleny, et au Sud de celles-ci, par 70° 30′ de lat. S. et 166° de long. E., près du Cap North, commence une côte connue d'une façon un peu plus précise Elle s'avance dans la Terre Victoria jusque dans le voisinage de 171° de long. E., puis tourne en prenant une direction presque exactement N.-S. Ross, en longeant cette côte, s'est avancé, entre 77° et 78° de lat. S., jusqu'aux volcans Erebus et Terror, qui la précèdent; Scott l'a suivie avec une persévérance admirable, et reconnue jusqu'au 83e degré. A partir de 79° ou 80°, la direction s'infléchit légèrement vers le S.S.E. Sur une longueur de 13° de latitude court le long et haut rebord oriental d'une grande plate-forme surélevée de dolérite et de grès (fig. 230). Sur son sommet recouvert de glaces, entre 77° et 78°, Scott s'est avancé dans l'intérieur des terres jusqu'à plus de 300 kilomètres vers l'Ouest, à une altitude se maintenant constamment aux environs de 9 000 pieds [3 000 mètres].

En contre-bas du rebord oriental de ce plateau se trouvent, le long de la côte, quatre ou cinq cônes volcaniques. Les petites îles adjacentes n'ont fourni que des roches volcaniques jusqu'à l'Ile Ross, dans laquelle sont situés les quatre grands volcans Erebus (3 998 m. ; actif), Bird, Terra Nova et Terror [1]. Des montagnes cratériformes, grandes et petites, apparaissent entre l'Ile Ross et le bord du haut-pays, en particulier vers le Sud-Ouest. Le substratum est constitué, à la partie tout à fait inférieure, par du gneiss, avec lequel affleurent des couches fortement redressées de calcaire blanc grenu. A une plus grande hauteur vient du granite.

Le bord du haut-pays est visible sous la calotte de glace près de 161° de long. E. et de 77° 45′ de lat. S. Là, Ferrar a rencontré, à partir de l'altitude de 8 000 pieds [2 700 m.], une couverture de dolérite ayant jusqu'à 700 pieds [230 m.] d'épaisseur; au-dessous, des grès horizontaux (*Beacon Sandstone*) avec traces charbonneuses, puis des filons-couches et des necks isolés de dolérite. La puissance visible de toute cette série atteint jusqu'à 2 000 pieds [600 m.]; elle repose sur le granite et le gneiss (fig. 229). Les régions situées plus au Sud ne sont connues que dans leurs traits généraux. Barne a rapporté du 80° un petit fragment de schiste et a signalé des dépôts horizontaux; mais ce

dition »)]; et *National Antarctic Expedition, 1901-1904, Natural History, I. Geology* (*Field-Geology; Petrography*). In-4°, XII-160 p., 72 fig., 10 pl., 2 cartes. Printed by Order of the Trustees of the British Museum, 1907). [Voir aussi l'excellent résumé donné par M. Zimmermann, *La Terre antarctique de Victoria, d'après les travaux de la « Discovery »* (Annales de Géogr., XVIII, 1909, p. 97-124, 2 fig.).]

[1. Ces grands volcans et leurs satellites ont été décrits et figurés par les membres de l'Expédition de la « *Discovery* ». Voir, notamment : *National Antarctic Expedition, 1901-1904. Album of Photographs and Sketches, with a Portfolio of Panoramic Views.* In-4°, 165 pl., 2 cartes. London, published by the Royal Society, 1908 (phot., pl. XXXVII-XLIII; et croquis, dl. CXXXV-CXLIV et CLVI-CLVIII).]

pourrait bien être des épanchements de basalte. Par 83°, le Mont Markham atteint encore une altitude que Scott évalue à 15 100 pieds (4 612 m.)[1]. —

[1. Ces résultats ont été pleinement confirmés et étendus vers le Sud jusqu'au voisinage immédiat du pôle (88°23′ lat. S., 162° long. E.) par l'audacieuse expédition de Sir Ernest Shackleton. La côte orientale de la Terre de Victoria se poursuit en ligne droite, et toujours suivant une direction N.-S., sur une longueur de 1 700 kilomètres. L'altitude du plateau, au point où s'arrêtèrent les explorateurs, était d'environ 3 400 mètres, Le *Beacon Sandstone*, reconnu sur plus de 1 000 kilomètres, et conservant partout une allure à peu près horizontale, a fourni de véritables couches de houille et des fragments de bois fossile paraissant se rapprocher du genre *Pinus*. Enfin, parmi les blocs erratiques recueillis dans l'Ile Ross, au Cap Royds, figurent des silex contenant des Radiolaires d'aspect paléozoïque; E. H. Shackleton, *The Heart of the Antarctic, being the Story of the British Expedition, 1907-1909*. With an Introduction, by Hugh Robert Mill, and an Account of the First Journey to the South-Magnetic Pole, by T. W. Edgeworth David. 2 vol. in-8°, XLVIII-372 et XV-419 p., très nombreuses phot., pl. en couleurs, 3 cartes, 1 panorama. London, 1907 (voir II, p. 268-314, Appendix II : *Geological Observations in Antarctica by the British Antarctic Expedition, 1907-1909*, by T. W. Edgeworth David and Raymond E. Priestley). — Édition française, publiée sous le titre de : *Au Cœur de l'Antarctique. Expédition du « Nimrod » au Pôle Sud.* Traduction et adaptation par Ch. Rabot. In-8°, XII-472 p., 12 pl. en couleurs, 190 pl. phot., 1 carte, Paris, 1910 (p. 428-438 : *Observations géologiques* par T. W. Edgeworth David et Raymond E. Priestley); L. Pervinquière, *Résultats scientifiques de l'Expédition Shackleton. Géologie et Géographie physique. Volcanisme. Glaciologie* (Revue Scientifique, 48e année, 1910, 1er sem., p. 78-82 et 264-272); Raymond E. Priestley and T. W. Edgeworth David, *Geological Notes of the British Antarctic Expedition, 1907-1909* (Congrès Géol. Internat., C. R. de la XIe Sess., Stockholm, 1910, 2e fasc., p. 767-811, 13 fig.). — On sait que deux expéditions, l'une anglaise et l'autre norvégienne, commandées par le Capitaine Rob. F. Scott et par Roald Amundsen, ont attaqué récemment ces mêmes parages, dans l'espoir d'atteindre le Pôle. Ce résultat a été effectivement obtenu par Amundsen, le 14 décembre 1911. Parti de la Baie des Baleines, non loin de la Terre Édouard VII, en suivant le méridien 164° W. (Gr.), le vaillant explorateur commença par franchir, sur 700 kilomètres, la plaine de glace qui constitue la célèbre « Barrière » de Ross; puis, après un mois de marche à travers de hautes montagnes (Chaîne de la Reine Maud), qui prolongent au S.E. celles de la Terre Victoria, il arrivait, par 88°16′, au niveau du plateau supérieur; quelques jours plus tard, il plantait le drapeau norvégien aux abords immédiats du Pôle, à 3 070 mètres au-dessus du niveau de la mer; voir R. Amundsen, *The South Pôle; An Account of the Norwegian Antarctic Expedition in the*

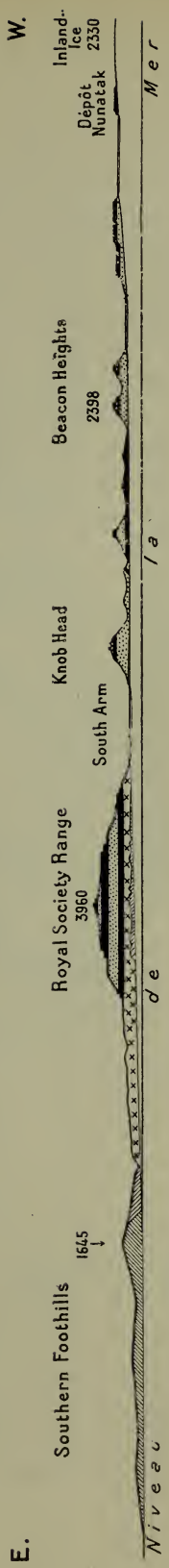


Fig. 229. — Coupe E.-W. de la Terre Victoria, le long du Glacier Ferrar (*National Antarctic Expedition, Natural History*, Vol. I. *Geology*. In-4°, London, 1907, pl. VII, Section 1).

1. Gneiss et calcaire cristallin; 2. Granite; 3. Grès d'âge indéterminé (*Beacon Sandstone*); 4. Basaltes et dolérites. — Échelle 1 : 600 000; hauteurs en mètres.

Les traits qui viennent d'être signalés ne correspondent guère à une structure pacifique, malgré la présence de nombreux volcans récents. L'allure horizontale des grès, la grande extension des gneiss et des granites et l'ensemble des caractères attestent que ce haut pays appartient au type atlantique. Il faut adopter pour la Terre de Victoria l'opinion de Ferrar, que la côte coïncide avec une grande cassure. Cet accident ressemble plus aux fractures de l'Afrique Orientale qu'aux arcs du Pacifique; ce qui, d'ailleurs, concorde tout à fait avec les conclusions que Prior a tiré de la constitution des roches. Plus à l'Est se trouve la Terre du Roi Édouard VII (76°-78° de lat. S.; 100°-150° de long. W.), où l'on a recueilli des débris isolés de roches anciennes; il n'est guère possible, actuellement, de décider si cette terre appartient au même massif. Ce qui est certain, c'est que les régions situées plus loin encore vers l'Est, comme la Terre de Graham, présentent une constitution différente[1].

Philippi attribue encore le Mont Gauss au type atlantique, en alléguant à l'appui, comme dans la Terre de Victoria, la nature des roches éruptives, caractéristiques du domaine atlantique. Nous reviendrons plus loin sur l'importance de cette particularité. — M. le professeur Gregory, qui connaît si bien l'Australie, attribue également la Terre de Victoria au type atlantique.

Cette manière de voir est parfaitement justifiée. On considérera ici le Mont Gauss, la Terre de Wilkes et la Terre de Victoria comme un continent de structure atlantique, auquel on conservera le nom d'*Antarctide*[2].

« *Fram* », *1910-1912*. Translated from the Norwegian by A. G. Chater. 2 vol. in-8°, nombr. illustr., cartes, London, 1912; et *Au Pôle Sud. Expédition du « Fram », 1910-1912*. Adapté du Norvégien par Ch. Rabot. In-8°, xv-371 p., 72 pl. phot., 1 carte, Paris, 1913 (p. 359-362 : « Note préliminaire sur les échantillons géologiques rapportés du Continent Antarctique », par J. Schetelig : ils appartiennent tous à la série granitique et aux schistes cristallins). Quant à l'Expédition Scott, qui atteignait le Pôle un mois plus tard (18 janvier 1912), on connaît la fin héroïque de son chef et de trois de ses compagnons, survenue au retour, à quelques milles de distance du dépôt préparé pour leur ravitaillement; voir l'article : *The Antarctic Disaster* (Geogr. Journ., XLI, 1913, p. 201-228, 7 portraits, 1 carte); Ch. Rabot, *Le désastre de l'Expédition Scott* (La Géographie, XXVII, 1913, 1er sem., p. 92-98, 1 carte).]

[1. La question de savoir si l'ensemble des terres reconnues autour du Pôle Antarctique forme un seul et même continent est encore discutée. Certains géographes, frappés des différences que l'on peut relever entre le massif correspondant à la Terre de Victoria et à ses annexes, d'une part, et la chaîne représentant la Terre de Graham, de l'autre, ont supposé qu'il existe deux grandes masses insulaires distinctes, séparées par un couloir dont la Mer de Weddell et la Mer de Ross dessineraient les extrémités opposées. C'est en partie pour contrôler cette hypothèse que le lieutenant W. Filchner s'est embarqué sur le navire « *Deutschland* », à la fin de 1911, en prenant comme base d'opération l'Atlantique Austral; la découverte d'une Terre s'étendant jusqu'à 78° de lat. S. n'est pas favorable à cette conjecture (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., 1913, p. 1-17, fig. 1-5, pl. I : carte).]

[2. Sur la géographie de l'Antarctide en général et ses récents progrès, voir l'article de M. Zimmermann, *Terres, climat et glaciers antarctiques* (Annales de Géogr., XI, 1902, p. 385-406), et le résumé critique de L. Mecking, *Der heutige Stand der Geographie der*

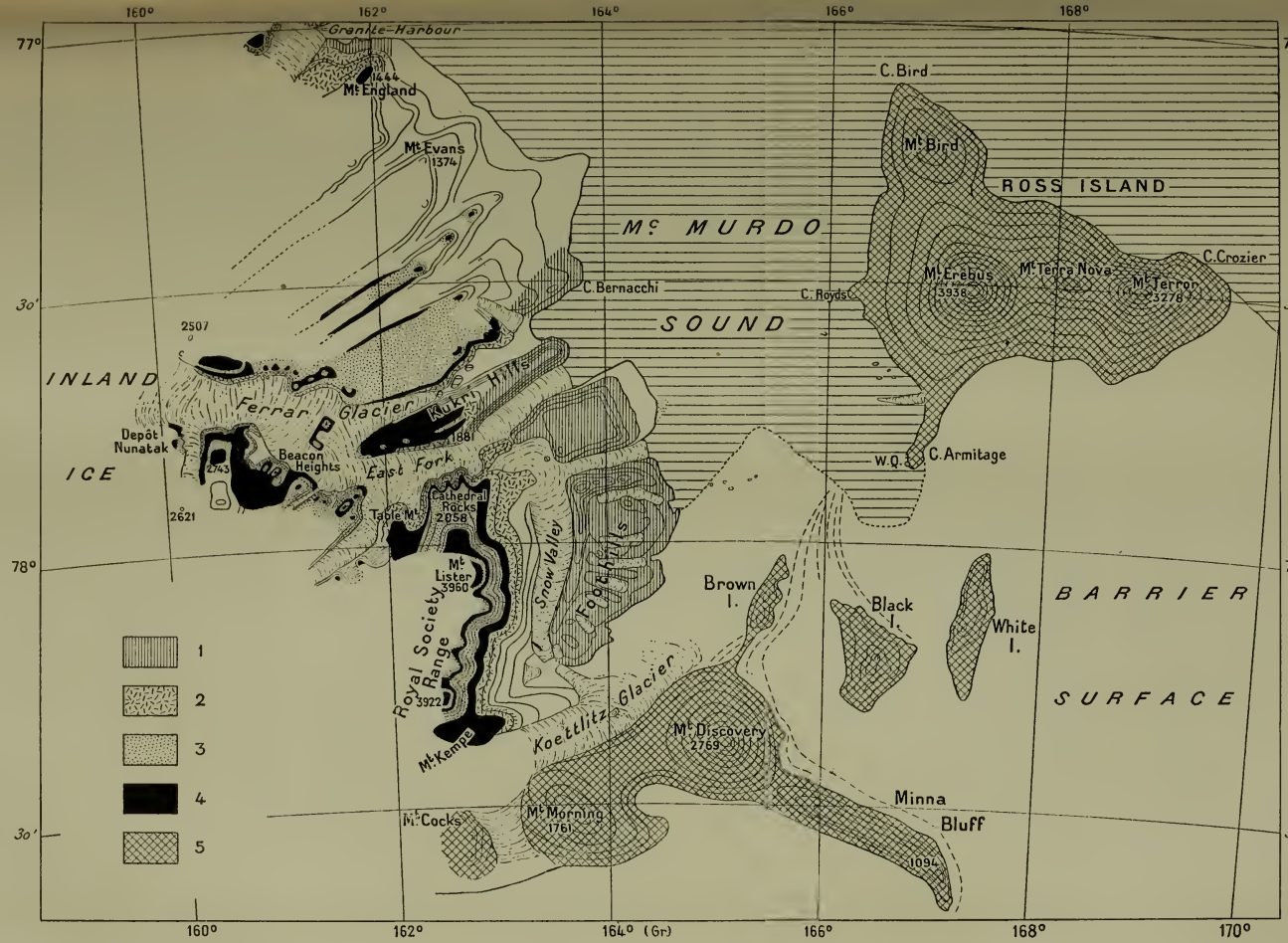


FIG. 230. — Carte géologique d'une partie de la Terre Victoria, d'après H. T. Ferrar (*National Antarctic Expedition, 1901-1904. Natural History*, Vol. I. *Geology*. In-4°, London, 1907, carte à la fin du vol.).

1. Gneiss et calcaire cristallin; 2. Granite; 3. Grès d'âge indéterminé (*Beacon Sandstone*); 4. Dolérite; 5. Roches volcaniques récentes. — W. Q. Quartiers d'hiver de la « *Discovery* ». — Échelle de 1 : 1 600 000

Dans ces considérations, on ne doit pas oublier que la structure des Montagnes du Cap conduit à supposer une grande extension de la région plissée, aussi bien dans l'Est que dans l'Ouest. Mais il n'en existe aucune trace visible. Il convient de se rappeler, en outre, que le Sud de la Nouvelle-Zélande montre l'amorce d'une chaîne de structure différente, qui se dirige vers l'Ile Stewart et dont le prolongement est, de même, tout à fait inconnu (II, p. 239).

Avant-fosses considérées comme limites de l'Asie. — Le monde des îles Pacifiques, bien que ne s'élevant au-dessus de l'immense étendue de l'Océan qu'à l'état de sommets et de fragments isolés, joue un rôle important, en raison de son extension considérable, dans le plan de la surface terrestre. Les parties visibles sont ordonnées suivant des lignes très longues, formant souvent des arcs de cercle; et il apparaît de plus en plus clairement que la plupart de ces lignes représentent les lignes directrices de chaînes de montagnes récentes. On a déjà vu qu'à Java, les couches à *Lepidocyclina* sont plissées, et la description de Leitimor donnée par Verbeek montre que, là aussi, des bancs de coraux d'âge très récent ont été relevés à des altitudes considérables, inclinés et par endroits plissés[1].

Antarktis (Geogr. Zeitschr., XIV, 1908, p. 427-447, 481-499; XV, 1909, p. 92-110, 146-157, pl. 3 : carte bathymétrique). Voir aussi W. Meinardus, *Die mutmassliche mittlere Höhe des antarktischen Kontinents* (Petermanns Mitteil., LV, 1909, p. 304-309 et 355-360, pl. 38 : carte). — Pour un historique des tentatives entreprises dans les régions australes depuis les voyages de James Cook, consulter l'excellent volume de Hugh Robert Mill, *The Siege of the South Pole. The Story of Antarctic Exploration.* In-8°, XVI-455 p., nombreuses phot., fac-similés, portraits, 1 grande carte h. t., London, 1905; à compléter par la brillante esquisse du même auteur : *Ten Years of Antarctic Exploration* (Geogr. Journ., XXXIX, 1912, p. 369-375, carte hors texte p. 420). — Sur les caractères particuliers des glaciers autour du Pôle Sud et sur le développement exceptionnel qu'ils présentent dans ces régions, voir E. Philippi, *Ueber die Landeis-Beobachtungen der letzten Fünf Südpolar-Expeditionen* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, II, 1907, p. 1-21); Ch. Rabot, *La glaciation antarctique, d'après les observations des récentes Expéditions* (La Géographie, XVI, 1907, 2e sem., p. 385-401, fig. 34-39); W. H. Hobbs, *The Ice Masses on and about the Antarctic Continent* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, V, 1910-1911, p. 36-73 et 87-122, 42 fig.).]

1. R. D. M. Verbeek, *Description géologique de l'île d'Ambon* (Édition française du Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XXXIV, 1905, partie scientifique). In-8°, XXIII-323 p., 9 pl. phot., et atlas in-f° de 4 cartes et 6 feuilles de coupes et croquis, Batavia, 1905. [Voir aussi le grand ouvrage final de R. D. M. Verbeek, *Rapport sur les Moluques. Reconnaissances géologiques dans la partie orientale de l'Archipel des Indes Orientales Néerlandaises* (Édition française du Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XXXVII, 1908). In-8°, XLVI-844 p., 11 pl., Atlas in-folio contenant 2 cartes et 18 pl. (518 fig., cartes, coupes et croquis), Batavia, 1908; résumé détaillé, par F. J. P. van Calker, Neues Jahrb. f. Min., 1909, I, p. 242-270. — Voir en outre J. van Baren, *Physiographische Problemen in den Indischen Archipel.* Openingsrede der geophysische sectie van het XIde Natuur- en Geneeskundig Congres te Leiden op 5 April 1907. In-8°, 12 p. Leiden, 1907; K. Martin, *Ein zweiter Beitrag zur Frage nach der Entstehung des ostindischen Archipels* (Geogr. Zeitschr., Leipzig, XIII, 1907, p. 425-438). — Une bibliographie très complète des travaux relatifs à la géologie de l'Archipel Malais et des régions voisines a été donnée récemment par R. D. M. Verbeek : *Opgave van geschriften over Geologie en Mijnbouwvan Nederlandsch Oost-Indië.* Gr. in-8°, XXIV-198 p. 's-Gravenhage, 1912 (2 665 art.).]

Des plissements récents analogues ont été retrouvés sur plusieurs points de l'Océanie, notamment aux Nouvelles-Hébrides, où le phénomène est très frappant.

Toutefois, la délimitation et le groupement de cette multitude d'îles n'auraient guère pu être tentés si, dans ces dernières années, une notion capitale n'avait été acquise : c'est que *les plus grandes profondeurs de la mer occupent des sillons allongés, en avant du bord externe des arcs de type pacifique*.

Ces profondeurs ont d'abord reçu le nom de *Rinnen* [sillons]; en 1899, Supan a proposé de les appeler *Gräben* [fossés], avec cette réserve toutefois que cette expression ne s'appliquait qu'à la forme, et non au mode d'origine des accidents. A mesure que les observations se multipliaient, Supan émit l'hypothèse que ces dépressions étaient en relation avec les phénomènes de plissement[1]. Il est évident que cette conjecture est exacte.

On a signalé à plusieurs reprises, dans cet ouvrage, le fait que de longues dépressions jalonnent, d'ordinaire, le bord des chaînes plissées récentes. La vallée du Guadalquivir, le Golfe Persique, les puissantes alluvions du Gange en sont des exemples. Ces dépressions sont souvent masquées; le delta du Tigre et de l'Euphrate, celui du Gange et du Brahmapoutra contribuent à ce travail de comblement. Le remplissage par des dépôts marins tertiaires peut aller plus loin encore. Quoique, dans l'Europe Centrale, un mode particulier de plissement dans le cadre des reliefs préexistants (*Rahmenfaltung*) entre en ligne de compte, il convient cependant de ne pas oublier que les marnes tertiaires remplissent de grandes dépressions, en avant des Carpathes comme en avant des Alpes.

Ces dépressions répondent à l'enfoncement de l'avant-pays sous les plis récents. Nous les avons désignées ici sous le nom d' « Avant-fosses » (*Vorgräben*). Ce ne sont pas des fosses dans le sens habituel du mot; leurs deux bords ont une structure différente, et il est préférable, par conséquent, de les appeler des *avant-fosses*. A part une ou deux exceptions, *toutes les profondeurs marines supérieures à 7000 mètres sont des avant-fosses, dans le sens tectonique du mot, et correspondent a l'enfoncement de l'avant-pays sous une chaîne plissée.* Dans cette voie, on est ramené à se demander si, comme les plus hautes montagnes, les plus grandes profondeurs ne sont pas les plus

1. A. Supan, *Die Bodenformen des Weltmeeres* (Petermanns Mittheil., XLV, 1899, p. 177-188, pl. 12 : carte; en particulier p. 180); le même, *Die Sundagräben* (Ibid., LIII, 1907, p. 70-71, pl. 6 : carte). [La carte des *Sundagräben* de A. Supan a été reproduite en partie dans le *Traité de Géologie* d'Ém. Haug, t. I, *Les Phénomènes géologiques*. In-8°, Paris, 1907, p. 165, fig. 39.]

jeunes[1]. Nous ne parlerons pas ici, d'ailleurs, de leur signification au point de vue de la structure des montagnes; nous nous bornerons, pour le moment, à exposer leur répartition dans la partie occidentale et sud-occidentale de l'Océan Pacifique[2].

Il faut tout d'abord considérer la carte des profondeurs marines entre les Mariannes et Célèbes, donnée par Schott et Perlewitz[3]. En dehors de l'avant-fosse lointaine des Liu-Kiu [Riou-Kiou], qui, sur une assez longue étendue, s'abaisse au-dessous de 7 000 mètres, cette carte montre une fosse qui, partant de l'Est des Mariannes, contourne l'Ile de Guam et se prolonge ensuite vers le S.W.; une seconde, plus courte, se trouve à l'Est de Yap, avec une direction S.S.W.; une troisième, à l'Est des Iles Palaos, s'oriente d'abord N.-S., puis, dans le Sud, elle se dirige vers le S.W; une quatrième, à l'Est des Iles Talaoet, vient de loin, du bord oriental des Philippines.

De cette façon, les quatre avant-fosses forment une série de coulisses obliques, qui toutes sont dirigées S.W. ou S.S.W., au moins dans leur moitié Sud. *Elles marquent la limite orientale de l'édifice asiatique.*

Les Mariannes, Yap, les Iles Palaos et la ligne qui va des Philippines à l'archipel Talaoet doivent être considérées comme appartenant à l'Asie. Plus à l'Est commencent les Océanides.

Examinons maintenant quelques points spéciaux.

On a signalé du calcaire nummulitique aux *Iles Bonin* (III, 1re partie, p. 187); depuis, Yoshiwara a fait connaître que ces îles étaient formées de deux rangées. L'une, la chaîne d'*Ogasawara*, se trouve à l'Est, entre 27° 40′ et 26° 38′ de lat. N. (Iles Plymouth = Muko-Shima; archipel Parry = Chichi-Shima jusqu'à l'archipel Barley = Haha-Shima et nombreuses îles plus petites); cette chaîne est constituée par des calcaires éocènes à Nummulites, alternant avec des roches éruptives anciennes et atteignant plus de 600 pieds [200 mètres] d'altitude; adossés à cet ensemble se trouvent, en discordance, des calcaires

1. Ed. Suess, *Are Great Ocean Depths Permanent?* (Natural Science, II, n° 13, March, 1893, p. 180-187; en particulier p. 183).

[2. Sur la bathymétrie du Pacifique Sud-Occidental, voir Sir John Murray, *On the Depth, Temperature of the Ocean Waters, and Marine Deposits of the South Pacific Ocean* (Queensland Geogr. Journal, XXI, 1905-1906, p. 71-134, 5 cartes, 4 pl. de coupes); P. Marshall, *Ocean Contours and Earth Movements in the South West Pacific* (Rept. Australas. Assoc. Adv. Sc., XII, Brisbane, 1909, p. 432-450, 4 cartes hors texte); *Die Forschungsreise S. M. S. « Planet »* (Annalen d. Hydrogr., XXXV, 1907, p. 193, 345, 388, 441, cartes).]

3. G. Schott und P. Perlewitz, *Lotungen I. N. M. S. " Edi " und des Kabeldampfers " Stephan " im westlichen Stillen Ozean.* Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, XXIX, 1906, n° 2. In-4°, Hamburg, 38 p., pl. 1-4 : cartes). [Voir aussi P. Perlewitz, *Die Gräben im Stillen Ozean* (Geogr. Zeitschr., XIV, 1908, p. 241-250, pl. IV : carte, 2 fig.; analyse, Annales de Géogr., XVIII, 1909, p. 284-285); J. F. Niermeyer, *Diepzeeloodingen in en nabij den Oost-Indischen Archipel* (Tijdschr. K. Nederl, Aardrijksk. Genootsch., 2de ser., XXIV, 1907, p. 872-883, pl. XI : carte bathymétrique à 1 : 9 240 000).]

horizontaux à *Lepidocyclina*. On a signalé de la serpentine dans l'île la plus septentrionale du groupe, Stapleton ou Otôto-Shima[1]. La deuxième chaîne court à l'Ouest de la première, depuis la Femme de Loth jusqu'à l'*Archipel du Soufre*; c'est à elle qu'appartiennent les volcans en activité; elle est le prolongement des volcans du Fouji qui traversent l'île de *Honshiu*. Dans le voisinage de l'Ile du Soufre (= Iwo-Shima) s'est formée, durant l'hiver 1904-1905, une nouvelle île, Neo-Shima[2].

La chaîne d'Ogasawara doit donc être considérée comme le reste d'une Cordillère récente.

Les *Mariannes* forment un arc légèrement convexe vers l'Est; aucune Cordillère n'est visible. Fritz rapporte que toutes les îles de cet arc situées au Nord de 16° sont des volcans récents, de conformation régulière; à leur pied, les calcaires coralliens s'élèvent à peine au-dessus du niveau de la mer; mais les six îles situées au Sud de 16° sont couvertes jusqu'à leurs sommets les plus élevés par des calcaires, qui présentent une succession de gradins très nets[3].

Alex. Agassiz compte dans les Mariannes septentrionales, jusqu'au Farallon de Pajaros, douze volcans actifs et y reconnaît un alignement qui s'étend sur 20 degrés depuis Guam jusqu'au Japon. *Rota* a environ 800 pieds (243 m.) de haut et présente l'aspect d'une table calcaire; l'Ile de Mau montre cinq terrasses successives, et même sept dans le Sud, ainsi que les traces de deux mouvements négatifs récents, ne dépassant pas 3 à 4 pieds [0 m. 90 à 1 m. 20]. L'Ile de *Guam* présente de même des terrasses dans le calcaire; quelquefois, l'une des terrasses inférieures est plus profondément entaillée, et le calcaire forme des falaises abruptes ayant jusqu'à 150 mètres de hauteur; on voit alors des séries de grottes qui correspondent au niveau des terrasses éboulées : cela est bien une preuve qu'effectivement, des interruptions ont eu lieu dans le mouvement négatif, sans quoi les précipitations auraient produit, non pas des lignes de cavités, mais tout au plus des cheminées verticales. Dans l'Est, le calcaire corallien est disposé en bancs s'inclinant vers la mer; on peut y observer des dérangements importants, considérés comme étant en relation avec des éruptions de roches volcaniques, au contact desquelles les calcaires sont modifiés. Nous les regarderons plutôt comme des plis tectoniques. De même qu'à Rota,

1. S. Yoshiwara, *Geological Age of the Ogasawara Group* (*Bonin Islands*) *as indicated by the occurence of Nummulites* (Geol. Mag., new ser., dec. 4, IX, 1902, p. 296-303, 3 cartes).

2. Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, 1905, p. 382; le 1er février 1905, ce volcan avait environ 150 m. de hauteur.

3. Fritz, *Bericht über die Insel Rota* (*Marianen*), 14° 7′ 30″ lat. N. et 145° 13′ long. E. (Mittheil. aus d. Deutsch. Schutzgeb., XIV, 1901, p. 194-204, 1 carte dans le texte), et *Reise nach den nördlichen Marianen* (Ibid., XV, 1902, p. 96-118, 17 croquis).

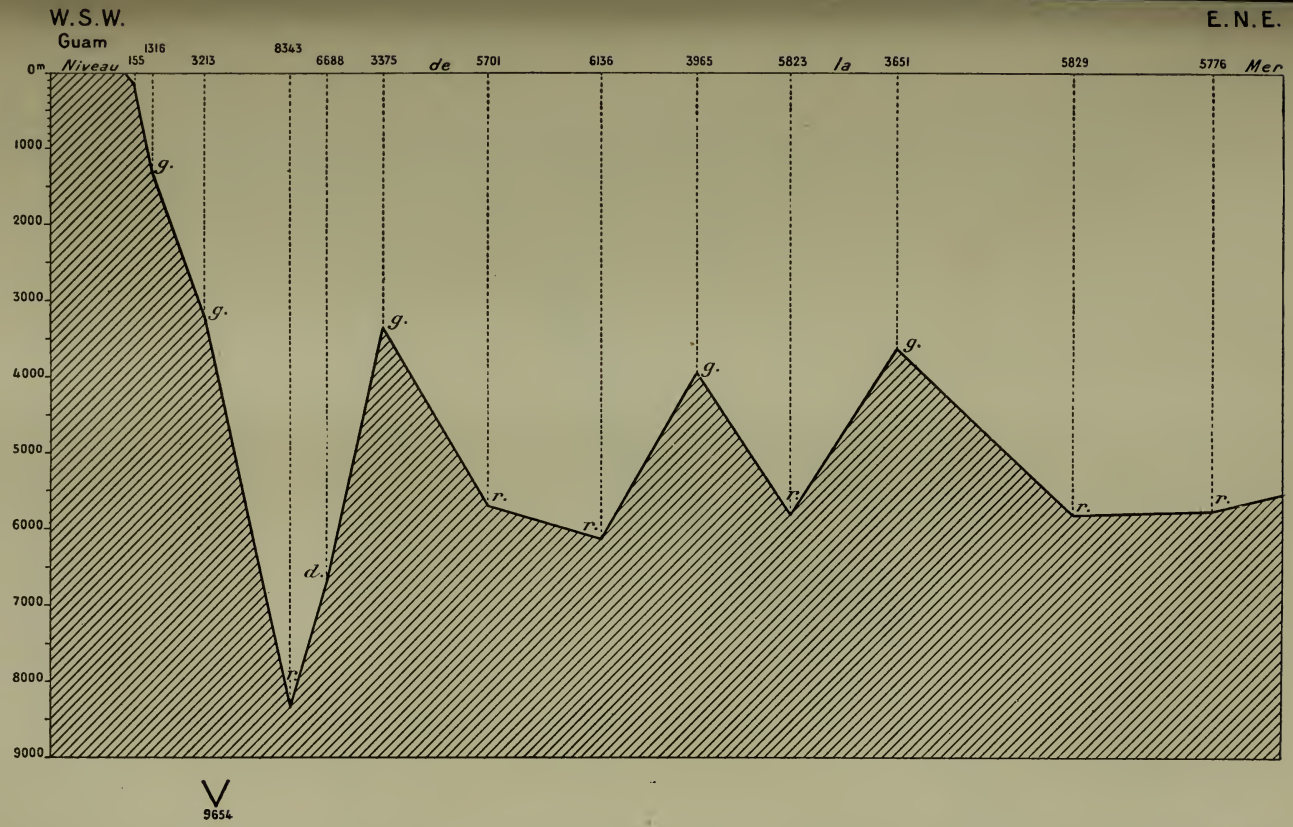


FIG. 231. — Sondages exécutés par le navire de guerre américain « *Nero* » à l'E.N.E. de l'Ile de Guam, d'après James M. Flint (*Bull. U. S. National Museum*, n° 55, Washington, 1905, pl. X).

g. Boue à Globigérines; *d*. Boue à Diatomées; *r*. Argile rouge des grands fonds. — Échelle des longueurs 1 : 10 000 000 environ échelle des profondeurs (en mètres) 1 : 100 000.

on constate sur la côte occidentale de Guam un mouvement négatif très récent, de 3 1/2 à 4 pieds [1 m. 05 à 1 m. 20][1].

L'avant-fosse de Guam est l'une des plus remarquables qu'on connaisse; elle se courbe en arc de cercle le long du bord Sud de l'île (fig. 232). Flint a réuni les chiffres les plus importants[2]. Au S. E. de Guam, à environ 40 kilomètres du rivage, on a sondé — 2 079 mètres; à 80 kilomètres, on a trouvé — 4 090 mètres; à environ 130 kilomètres

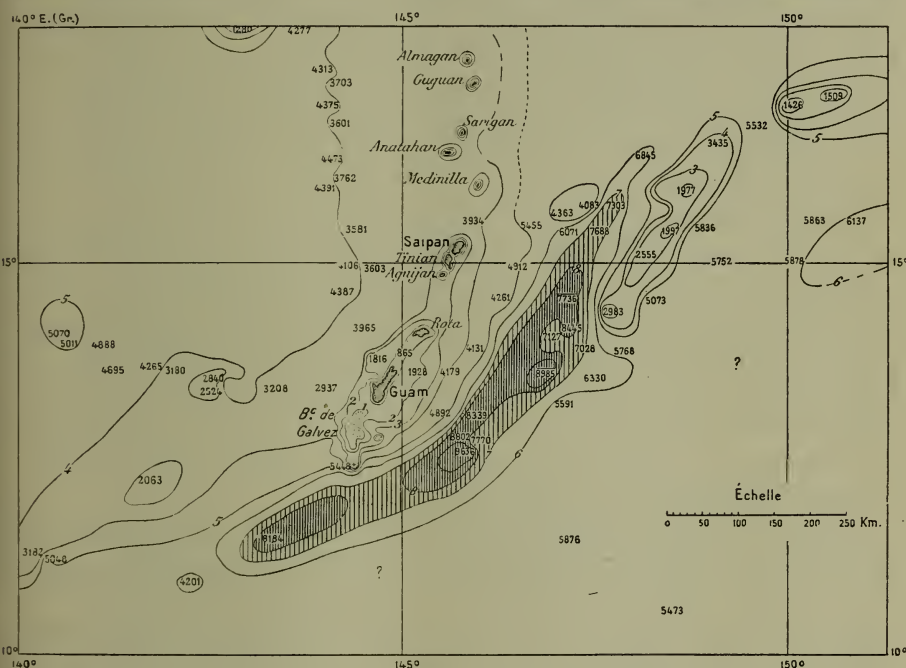


Fig. 232. — La fosse des Mariannes, d'après O. Krümmel (*Handbuch der Ozeanographie*, I, 2e Auflage. In-8°, Stuttgart, 1907, p. 124, fig. 21).

Échelle de 1 : 10 000 000. — Les sondes sont exprimées en mètres. Équidistance des courbes : 1 000 m. Le grisé lâche représente la zone comprise entre 7 000 et 8 000 m., le grisé serré les profondeurs au-dessous de 8 000 m.

(par 12° 51′ de lat. N. et 145° 46′ de long. W.), l' « *Albatross* » a rencontré des profondeurs de — 8 802 mètres; et non loin de ce point, le « *Nero* » a sondé — 9 636 mètres, la plus grande profondeur marine qui

1. Alex. Agassiz, *The Coral Reefs of the Tropical Pacific* (Reports on the Scientific Results of the Expedition... by the Steamer « Albatross », IV; Mem. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXVIII, 1903. 1 vol. de texte, xxxiii-410 p., 3 vol. de pl., 238 pl. et cartes; en particulier p. 365 et suiv.). Au Farallon de Pajaros, Er. Kaiser signale de l'andésite à augite, et à Saipan de l'obsidienne andésitique (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XXIV, 1903. p. 114-120).

2. James M. Flint, *A Contribution to the Oceanography of the Pacific, compiled from data collected by the U. S. Steamer* Nero *while engaged in the Survey of a Route for a trans-Pacific Cable* (Bull. U. S. Nat. Mus., Washington, n° 55). In-8°, 62 p., 14 pl. dont 5 cartes, 1905.

ait été reconnue jusqu'à présent[1]. Ensuite, le fond se relève dans la direction du large. A partir de 8 985 mètres, on atteint rapidement une saillie isolée ne dépassant pas — 4 592 mètres, que Schott et Perlewitz considèrent comme un horst; au delà s'étend l'Océan, avec une profondeur de — 5 700 mètres environ (fig. 231).

Volkens et E. Kaiser rapportent que les îles de Yap, Rümong et Map sont constituées par de l'amphibolite et des schistes actinolithiques. A l'Ile de Yap, on signale une brèche qui contient des blocs ayant jusqu'à 1 mètre de diamètre, formés par du gabbro frais et des pyroxénites à amphibole, ainsi que des syénites amphiboliques[2]. Cela rappelle l'association du gabbro et de l'amphibolite à Mentawei et à Java (III, 1re partie, p. 306); là, ces roches ne sont pas antérieures au Crétacé moyen.

D'après Schott et Perlewitz, le fond de la mer, à l'Ouest de Yap, se trouve à une profondeur sensiblement uniforme de — 3 000 à — 4 000 mètres; puis il se relève très brusquement vers l'île. Dans l'Est, la descente sous-marine est plus douce jusqu'à la même profondeur, à peu près, puis le fond s'abaisse brusquement jusqu'à — 7 538 mètres. De l'autre côté de l'avant-fosse, vers l'Est, règnent, après une remontée graduelle, des profondeurs de — 4 000 mètres. L'avant-fosse elle-même se relève dans le sens de son grand axe, vers le N.E. et vers le S.W., et atteint rapidement — 6 000 mètres.

Les *Iles Palaos* sont constituées, d'après Kubary et Wichmann, par de l'andésite à augite et des tufs, qui forment la grande Ile Baobeltaob et un archipel qui s'y relie au Sud, et par un calcaire reposant sur ces roches. Semper signale des pointements de calcaire à 200 pieds [60 m.]; d'après Kubary, il forme dans l'île méridionale d'Angaur des rochers à pic, hauts de 500 pieds [150 m.]; ce calcaire est décrit comme étant à gros grain, compact, cristallin, bien lité et riche en fossiles.

Des galets de granite syénitique apparaissent sur la côte; mais dans l'Ile Malakal, ils montent jusqu'à 500 mètres[3].

[1. Ce chiffre est aujourd'hui dépassé par un sondage du navire allemand « *Planet* », obtenu en juin 1912 dans le sillon qui longe à l'Est les Philippines, à 40 milles marins de Mindanao, et atteignant la profondeur de 9 780 mètres (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1912, p. 471).]

2. G. Volkens, *Ueber die Karolinen-Insel Yap* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, XXVIII, 1901, p. 62-76, pl. 1 : carte); Er. Kaiser, *Beiträge zur Petrographie und Geologie der Deutschen Südsee-Inseln* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XXIV, 1903, p. 91-121, pl. 9, 10, carte de la p. 94; en particulier p. 114 et suiv.).

3. J. Kubary, *Die Palau-Inseln in der Südsee* (Journ. d. Museum Godeffroy, Hamburg, IV, 1873, p. 177-238, pl. 1 : carte); A. Wichmann, *Zur geologischen Kenntniss der Palau-Inseln* (Ibid., VIII, 1875, p. 255-259); une carte de ces îles, par L. Friederichsen, se trouve dans le même recueil, IV, 1873, pl. 1; K. Oebbeke, *Beiträge zur Petrographie der Philippinen und der Palau-Inseln* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. I, 1881, p. 451-501); Er. Kaiser, Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., XXIV, 1903, p. 113.

Cette chaîne d'îles, prolongée dans le Nord par des hauts-fonds, affecte nettement l'allure d'un arc convexe vers le S.E. Dans l'Ouest, le fond de la mer ne s'abaisse pas beaucoup au-dessous de — 4 000 mètres; dans l'Est, l'avant-fosse consiste en une moitié septentrionale avec — 8 138 mètres et une moitié méridionale avec plus de — 7 000 mètres. Le seuil qui les sépare monte jusqu'à — 6 254 mètres.

Les *Iles Talaoet* sont constituées entièrement, ou tout au moins en grande partie, par des couches sédimentaires (III, 1re partie, p. 346)[1].

Les sondages du « *Planet* » ont, d'après Brennecke, montré qu'à la hauteur des Philippines, une longue avant-fosse s'aligne entre 25 et 45 milles marins à l'Est de la côte. Par 12° 23′ de lat. N., à 25 milles marins seulement de Samar, le fond n'a pas été atteint à — 8 900 mètres. A l'Est de Mindanao, par 8° 35′, la sonde est descendue à — 8 500 mètres, et par 70° 5′ on n'a pas atteint le fond à — 8 554 mètres. A partir de là, l'avant-fosse s'infléchit vers le S.S.E., atteint — 7 243 mètres à l'Est des Iles Talaoet et se continue comme un sillon de — 5 100 mètres sur la côte Est de Morotai[2]. Ces faits confirment l'hypothèse que *Halmahera appartient aux Philippines*[3]; ils fixent en même temps la limite orientale de la grande virgation qui englobe Bornéo (III, 1re partie, p. 324, 329).

Les Carolines et la Nouvelle-Guinée font partie d'un autre ordre de choses.

Nous avons dit (III, 1re partie, p. 188) qu'on ne connaissait pas, du côté de l'Océan, une limite à l'action des forces qui ont donné naissance aux arcs asiatiques. Vers le Sud-Est, cette limite suit le bord oriental des Mariannes, de Yap, des Iles Palaos et de Halmahera.

Ligne Ruahine-Kermadec-Tonga. — Il y a un grand nombre d'années, Dana avait essayé de déterminer les lignes directrices de

[1. On y trouve aussi quelques volcans; M. Koperberg, *Verslag van een onderzoek naar de uitbarstingen in 1904 op het vulkaan-eiland Roeang bij Tagoelandang, Sangi- en Talaoet-eilanden* (Jaarb. v. h. Mijnw. in Nederl. O.-Ind., XXXVIII, 1909, p. 205-295, 17 pl. dont 2 cartes).]

2. W. Brennecke, *Die Forschungsreise S. M. S. « Planet »* (Annalen d. Hydrogr., XXXV, 1907, p. 193-198). [Voir aussi l'ouvrage : *Forschungsreise S. M. S. « Planet » 1906/07*, herausgegeben vom Reichs-Marine-Amt, Bd. III. *Ozeanographie*, von W. Brennecke. In-8°, x-154 p., 43 pl. à part, Berlin, 1909.]

[3. Sur la structure générale de Célèbes et de Halmahera et sur la bathymétrie des mers voisines, consulter : J. F. Niermeyer, *De onderzeese vorm van Celebes* (Tijdschr. k. Nederl. Aardrijksk. Genootsch., 2e ser., XXVI, 1909, p. 612-621, pl. 11 : carte à 1 : 2 500 000, dressée par C. Craandijk); E. C. Abendanon, *Celebes en Halmahera* (Ibid., XXVII, 1910, p. 1149-1172). — Sur la géologie de la région centrale de Célèbes, voir E. C. Abendanon, *Onderzoek van Centraal-Celebes* (Ibid., XXVI, 1909, p. 645-654, pl. XIII : carte, 4 panoramas dans le texte, et p. 820-821, 2 phot.; XXVII, 1910, p. 79-106, 9 fig.; p. 506-529, pl. XIII et XIV, cartes, 8 phot.; p. 979-1001, 1 carte; p. 1219-1232; XXVIII, 1911, p. 73-90, carte IX, 4 fig.); résumé, Petermanns Mitteil., LVII, 1911 (2), p. 234-240, pl. 43-45, dont 1 carte. — Pour le bras oriental de la même île, se reporter à J. Wanner, *Beiträge zur Geologie des Ostarms der nsel Celebes* (Beitr. zur Geol. des Indo-Australischen Archipels, herausgeg. von J. Böhm, VIII; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXIX, 1910, p. 739-778, pl. XXV : carte géol.).]

l'Océanie. Il distinguait : 1° l'alignement des *Hawaii*, avec l'Ile Fanning et les Marquises; 2° *la Chaîne Polynésienne*, Iles Ralick et Radack, Gilbert, Ellice, Samoa jusqu'aux Tubuaï et aux Tuamotu. La chaîne des Samoa se trouverait dans l'angle formé par le changement de direction des lignes directrices du S.E. à l'E.S.E.; 3° *la Chaîne Australienne*, située de l'autre côté des Carolines, considérées comme un terme intermédiaire, et comprenant toutes les îles depuis les Iles de l'Amirauté et les Nouvelles-Hébrides jusqu'à l'Australie; ce groupe est plus nettement disposé en arc de cercle; 4° *la Chaîne de la Nouvelle-Zélande* : Ile Macquarie, Nouvelle-Zélande jusqu'à l'extrémité septentrionale des Iles Tonga. Cette chaîne s'étendrait vers le N.N.E., presque perpendiculairement à la direction N.W. qui règne dans le reste de l'Océanie[1].

Cette conception témoignait d'une grande perspicacité (fig. 233). L'alignement transversal de la Nouvelle-Zélande, signalé par Dana, est en fait une limite de premier ordre. Dans cet ouvrage, adoptant les idées de Dana dans leurs grandes lignes, nous appellerons *région australienne* la région située à l'Ouest de cet alignement; mais, pour nous conformer au langage courant, nous appellerons *région polynésienne* la région située à l'Est. Quant aux Iles Hawaii, il en sera question plus loin.

Dans le Sud de la Nouvelle-Zélande[2] se rencontrent deux chaînes

1. J. D. Dana, *Manual of Geology*, 2d ed., 1875, p. 29 et suiv., et ailleurs. Parmi les tentatives plus récentes, il faut signaler : Th. Arldt, *Parallelismus der Inselketten Ozeaniens* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, 1906, p. 323-346 et 385-404, pl. 5 : carte).

[2. Depuis la publication du t. II du présent ouvrage (voir p. 231), la géologie de la Nouvelle-Zélande a fait l'objet de nombreux et importants travaux, répertoriés dans le catalogue d'Otto Wilckens : *Die geologische, paläontologische und petrographische Literatur über Neuseeland bis zum Jahr 1907* (Neues Jahrb. f. Mineralogie, etc., Stuttgart, 1909, Bd. II, p. 265-301 et 433-464). Pour un exposé d'ensemble des connaissances actuelles, voir James Park, *The Geology of New Zealand. An Introduction to the Historical, Structural, and Economic Geology*. In-8°, xx-488 p., 1 carte géol. coloriée, 168 fig. et pl. dans le texte. Christchurch, Wellington and Dunedin, N. Z. 1910 (renferme, p. 409-464, une copieuse Bibliographie, par ordre alphabétique des noms d'auteurs); et surtout P. Marshall, *New Zealand and adjacent Islands* (*Handbuch der Regionalen Geologie*, herausgegeben von G. Steinmann und O. Wilckens, 5. Heft, VII. Bd., 1. Abt.). In-8°, 78 p., 18 fig. cartes et coupes dans le texte, Heidelberg, 1911 (p. 69-77 : additions au catalogue de Wilckens jusqu'en 1910, et Bibliographie choisie); P. Marshall, *Geology of New Zealand*. In-8°, viii-218 p., 112 fig., 1 carte géol., Wellington, 1912. Voir en outre A. Hamilton, *The Present Position of New Zealand Palaeontology; with a List of Papers on the Palæontology of New Zealand, including the Titles of those Stratigraphical Papers containing Important Lists of Fossils* (Trans. New Zealand Institute, XLII, 1909, p. 46-63); P. Marshall, J. W. Gregory, A. Hamilton and G. Hogben, *The Geography of New Zealand*. In-8°, xii-401 p., fig. et pl. Christchurch, 1905; F. W. Hutton, *The Geological History of New Zealand* (Trans. New Zealand Inst., XXXII, 1899, p. 159-183); Albert Heim, *Neuseeland* (Neujahrsblatt, herausg. v. d. Naturforsch. Gesellsch. Zürich auf das Jahr 1905, 107. Stück). In-4°, 42 p., 10 fig., 1 pl.; J. M. Bell, *A Physiographic Section through the Middle Island of New Zealand* (Bull. American Geogr. Soc., New York, XXXVIII, 1906, p. 273-281, 6 pl. phot., 2 cartes); J. M. Bell, *The Physical Features of New Zealand* (Bull. Geogr. Soc. Philadelphia, VIII, n° 1, 1910, p. 1-16, 3 pl. phot.). — Sur la grande chaîne de montagnes qui occupe l'Ile du Sud et ses glaciers, voir J. M. Bell, *The Heart of the Southern Alps*,

de montagnes, dont des fragments sont seuls visibles[1]. L'une, peu connue, se dirige vers le S.E. en passant par l'Ile Stewart. L'autre, plissée vers l'E.S.E., se dirige vers le N.N.E.; elle comprend des zones occidentales, formées de roches anciennes, qui disparaissent à la Baie de Tasman, et des zones orientales paléozoïques et mésozoïques qui constituent la Chaîne de Ruahine, sur le bord Est de l'Ile du Nord. Là où la zone occidentale ancienne du Sud, formée principalement de gneiss et de schistes, devrait reparaître dans l'Ile du Nord, on trouve,

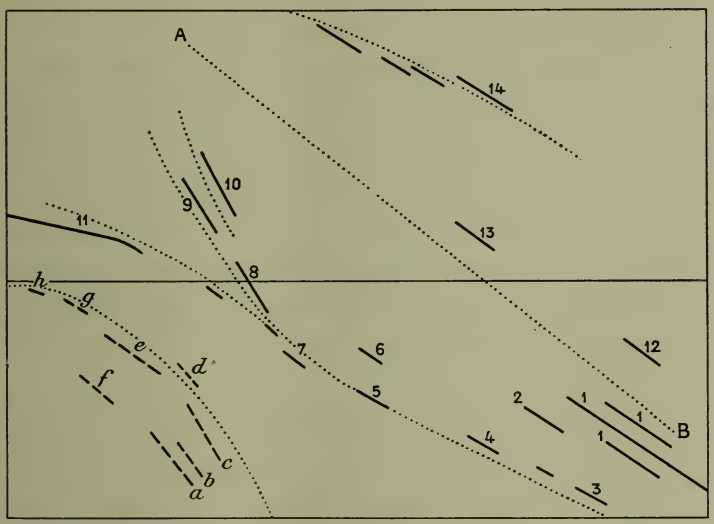


Fig. 233. — Directrices principales de l'Océanie, d'après J. D. Dana (*Manual of Geology*, 3d ed., New York, 1880, p. 32, fig. 27).

1 à 10, Chaîne Polynésienne : 1. Groupe des Tuamotu; 2. Tahiti; 3. Archipel Tubuaï; 4. Archipel Hervey; 5. Iles Samoa ou des Navigateurs; 6. Archipel Vakaafo; 7. Iles Ellice; 8. Iles Gilbert; 9. Iles Ralick; 10. Iles Radack. — 11. Carolines. — 12. Iles Marquises; 13. Archipel Fanning; 14. Iles Hawaii. — *a* à *h*, partie de la Chaîne Australienne : *a*. Nouvelle-Calédonie; *b*. Groupe des Loyalty; *c*. Nouvelles-Hébrides; *d*. Iles Santa Cruz; *e*. Iles Salomon; *f*. Archipel de la Louisiade; *g*. Nouvelle-Irlande [Nouveau-Mecklembourg]; *h*. Iles de l'Amirauté. — Échelle de 1 : 80 000 000 environ.

à l'Ouest de la Chaîne de Ruahine, une zone d'effondrement, que Hochstetter a appelée zone du Taupo[2]. Là se dressent les puissants volcans

New Zealand (Geogr. Journ., London, XXX, 1907, p. 181-197, 10 fig. dont 1 carte); P. Marshall, *The Glaciation of New Zealand* (Trans. New Zealand Inst., XLII, 1909, p. 334-348); J. Park, *The Great Ice Age of New Zealand* (Id., ibid., p. 589-612).]

[1. Voir sur ce point P. Marshall, *New Zealand and adjacent Islands*, Heidelberg, 1911, p. 37. — Les mouvements orogéniques, dans la Chaîne du Sud, ont dû continuer jusqu'à une époque très tardive, comme le prouve l'allure de l'étroite bande tertiaire, pincée dans un pli des micaschistes et remplie de fossiles marins, qui a été suivie, au N. du Lac Wakatipu (Province d'Otago, 45° de lat. S.) sur une quarantaine de kilomètres. Ce pli couché (*Moonlight Overthrust*) traverse monts et vallées jusqu'à 5 300 pieds d'altitude, et affecte par endroits l'aspect d'un véritable dyke; voir James Park, *The Geology of New Zealand*, 1910, p. 99-100, fig. 49, 50 : coupes, et *The Geology of the Queenstown Subdivision, Western Otago* (New Zealand Geol. Survey, New Ser., Bull. n° 7, 1909, p. 65, carte et coupe).]

[2. Voir H. M. Cadell, *A Visit to the New Zealand Volcanic Zone* (Trans. Geol. Soc. Edin-

du Ruapehu et du Tongariro. Dans cette zone, où l'on connaît en outre un grand nombre de bouches d'éruption plus petites, s'est ouverte le 10 juin 1886, accompagnée de manifestations secondaires dévastatrices, la crevasse du Tarawera, que l'on considérait comme un volcan éteint [1].

Dans le prolongement de la zone du Taupo se trouve, dans la *Baie de l'Abondance* (Bay of Plenty), le volcan de White Island, et P. Smith a montré que la même ligne volcanique se poursuit jusqu'aux îles volcaniques, encore très actives et s'alignant également N.N.E., de l'archipel *Kermadec* [2]. Dans l'Ile Raoul (ou Ile Sunday), on a trouvé aussi des blocs de granite à hornblende [3].

Smith, de même que Lister, considère les Iles *Tonga* comme formant un prolongement ultérieur de la même ligne, indiqué par le Banc Minerva et par un seuil sous-marin. Leur direction est aussi N.N.E. Elles comprennent une zone occidentale et une zone orientale. La zone occidentale est une suite de volcans. L'Ile Falcon était, en 1867, un bas-fond; elle a fumé en 1877, et a eu une éruption en 1885; en 1887, elle avait un peu plus de 60 mètres d'altitude, et avait de nouveau presque complètement disparu en octobre 1889. Metis n'a également surgi qu'à une date récente. Beaucoup d'autres de ces volcans ont été vus fumants.

La zone orientale est constituée par des calcaires en terrasses. Dans l'île la plus méridionale, *Eua*, il a été trouvé un bloc de gabbro ouralitisé, soit en place, soit ramené de la profondeur par les phénomènes éruptifs; on y a recueilli également des grenats et de la tourmaline, à l'état de cailloux isolés. Le centre de l'île a été formé par les produits d'une éruption plus ancienne, qui a entraîné des paquets de calcaire jusqu'à une grande hauteur. Ce noyau est entouré de calcaires disposés en terrasses, plus élevées vers l'extérieur que vers l'intérieur, comme s'il s'était écoulé un temps suffisant, pendant les intervalles qui ont

burgh, VII, 1897, p. 183-200, pl. V-X, dont 2 cartes, 3 fig.); H. Hill, *Taupo Plateau and Lake; A Retrospect and Prospect* (Trans. New Zealand Inst., XXXVII, 1905, p. 445-464, pl. XLII, XLIII : carte et coupes).]

[1. H. M. Cadell, *A Visit to Mount Tarawera* (Scottish Geogr. Mag., XIII, 1897, p. 246-259, 4 phot., 3 fig.); J. M. Bell, *The Great Tarawera Volcanic Rift, New Zealand* (Geogr. Journ., London, XXVII, 1906, p. 369-382, 9 fig. phot. et cartes); James Park, *Tarawera Eruption and After* (Geogr. Journ., XXXVII, 1911, p. 42-49, 4 phot. h. t.).]

2. S. Percy Smith, *Geological Notes on the Kermadec Group* (Trans. New Zealand Inst., XX, 1887, p. 333-344). [Voir aussi R. Speight, *Petrological Notes on the Rocks of the Kermadec Islands; with some Geological Evidence for the Existence of a Subtropical Pacific Continent* (Trans. New Zealand Inst., XLII, 1909, p. 242-254).]

3. A. P. W. Thomas, *Notes on the Rocks of the Kermadec Islands* (Trans. New Zealand Inst., XX, 1887, p. 311-315). Ces blocs paraissent avoir été projetés en l'air; on ne sait s'ils datent d'une époque antérieure, ou s'ils viennent des parties profondes de la bouche d'éruption. A Macaulay Island, R. Speight signale une tachylyte; l'andésite s'y montre d'ailleurs prépondérante (Trans. New Zealand Inst., XXVIII, 1895, p. 625-627).

séparé les mouvements négatifs, pour la formation d'atolls. Le gradin le plus élevé de cette ceinture atteint 500 pieds (152 m.). Dans le calcaire pénètrent des filons volcaniques.

Les autres îles de la zone orientale, *Tonga Tabu*, les Iles *Hapai* et l'archipel *Vavau*, ne montrent aucun substratum volcanique; la structure en escalier est particulièrement nette aux Iles Vavau. Lister distingue des îles à trois, deux, et un seul étages. Elles ressemblent à cet égard aux Iles Loyalty (II, p. 532). La plate-forme la plus élevée atteint 520 pieds (158 m.).

Lister pense que ces îles se sont formées sur des bancs volcaniques, peut-être analogues au haut-fond de l'Ile Falcon[1].

On pourrait hésiter à admettre une relation entre la Nouvelle-Zélande, par les Kermadec, et les Iles Tonga, qui sont éloignées de 16 à 17 degrés en latitude; mais ces îles elles-mêmes suivent la même direction sur 3 degrés 1/2 jusqu'à Amargura, et la présence d'une avant-fosse très importante sur leur bord oriental confirme cette manière de voir.

Déjà par 35° de lat. S. (à l'Est de l'Ile Nord de la Nouvelle-Zélande), le fond de la mer se trouve à 8 000 mètres; par 30° 27′ (à l'Est des Kermadec), le « *Penguin* » a sondé — 9 428 mètres; par 28° 44′ (au Nord-Est de l'Ile Raoul) — 9 413 mètres; par 23° 29′ — 9 193 mètres; au Sud-Est de Eua (Iles Tonga), la profondeur est encore de — 8 700 mètres, et au Sud-Est de Keppel (au Nord des Tonga) de — 8 280 mètres. Les trois points où la profondeur dépasse 9 000 mètres sont distants entre eux de 600 kilomètres; ils sont séparés par des seuils de 7 000 à 8 000 mètres.

Ces fosses sont d'autant plus frappantes que toute la mer située à l'Ouest n'atteint qu'en un petit nombre de points la profondeur de 4 000 mètres, celle de l'Est se maintenant presque partout aux environs de 5 000 mètres. A l'approche des Samoa, les grandes profondeurs diminuent rapidement, et les montagnes volcaniques de cet archipel s'alignent suivant une direction nettement différente, à l'E.S.E. La limite doit donc être tracée à l'Ouest des Samoa. De cette façon, l'archipel se trouve divisé en une moitié australienne et une moitié polynésienne. Ces profondeurs constituent une véritable avant-

1. J. J. Lister, *Notes on the Geology of the Tonga Islands* (Quart. Journ. Geol. Soc., XLVIII, 1891, p. 590-617, pl. XXIII : carte); le même, Geogr. Journ., XII, 1890, p. 157. On trouvera de nombreux détails dans Coleman Phillipps, *The Volcanoes of the Pacific* (Trans. New Zealand Inst., XXXI, 1898, p. 510-551, pl. LI, et XXXII, 1899, p. 188-212); d'après une note de J. Hector, insérée dans la 1re partie du mémoire de C. Phillipps (XXXI, p. 514), l'Ile Falcon serait le produit d'éruptions de rhyolite, roche qui est rare dans ces parages et rappelle la Nouvelle-Zélande. Pour des cartes bathymétriques, voir O. Krümmel, *Die tiefste Depression des Meeresbodens* (Hettner, Geogr. Zeitschr., V, 1899, p. 509-512, pl. 10), et Alex. Agassiz, *The Coral Reefs of the Tropical Pacific*, p. 175-203, pl. 213, 214. La dernière carte d'Agassiz montre le contraste des deux rangées d'îles.

fosse tectonique, comme cela résulte, d'ailleurs, de leur situation en avant de la chaîne, plissée vers l'Est, du Nord de la Nouvelle-Zélande (Ruahine).

Jensen décrit une éruption survenue en 1906 à Tofua (Archipel Tonga) et prolonge l'alignement de la Nouvelle-Zélande jusqu'aux Samoa; il considère les grandes profondeurs comme de vraies avant-fosses, et pense que l'accident tout entier pourrait bien résulter d'une poussée venant de l'W.N.W [1].

Premier arc australien. — L'archipel australien, qui est limité au Nord-Ouest et à l'Est par les plus grandes profondeurs actuellement connues, se divise en trois arcs : le premier, le plus intérieur, va de la Nouvelle-Guinée à la péninsule N.N.W. de la Nouvelle-Zélande; il se décompose en deux arcs voisins : Nouvelle Guinée — Louisiade — Nouvelle-Calédonie — Nouvelle-Zélande, d'une part; Nouveau-Mecklembourg — Iles Salomon — Nouvelles Hébrides, de l'autre. Des deux côtés, des roches relativement anciennes viennent au jour. Le second est jalonné par les Carolines, les Iles Radack — Gilbert — Ellice — et les Fidji. Le troisième arc, qui est presque une ligne droite, comprend les Iles Tonga — les Kermadec — et le Nord-Est de la Nouvelle-Zélande.

Nouvelle-Guinée (II, p. 266; III, 1re partie, p. 317). — Ce qui a été dit jusqu'à présent au sujet de cette grande île est bien maigre, et, encore actuellement, on ne peut guère y ajouter que des données isolées, manquant de lien entre elles. La Nouvelle-Guinée est, en effet trois fois plus longue que les Alpes entre Lyon et Vienne, et elle contient une longue et puissante chaîne de hautes montagnes.

L'opposition avec la masse ancienne de l'Australie apparaîtrait d'une façon encore plus frappante si, au Sud de la région montagneuse, ne venait se rattacher un pays de collines et de plaines fort étendues qui comprend vraisemblablement tout le Sud de la Nouvelle-Guinée depuis le Golfe de Papouasie jusqu'au voisinage de l'extrémité occidentale des Monts Charles-Louis. Sur le bord Sud de ce bas pays se trouve la colline granitique de Mabudauan, qui appartient à l'Australie. Une portion considérable de cette région est drainée par la Rivière Fly. D'Albertis, Macgregor et d'autres voyageurs ont traversé ce territoire;

1. Une éruption sous-marine a eu lieu le 1er décembre 1877 en dehors du prolongement austral (zone du Taupo), mais à l'intérieur du prolongement probable des grands fonds, au large de l'Open Bay (Nouvelle-Zélande); Annalen d. Hydrogr., VI, 1878, p. 370; voir aussi E. Rudolph, *Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen* (Gerland, Beiträge z. Geophysik, I, 1887, p. 359). — H. I. Jensen, *The Geology of Samoa, and the Eruptions in Savaii* (Proc. Linnean Soc. New South Wales, XXXI, 1906, p. 641-672, pl. LIV-LXIV, en particulier p. 661 et suiv.).

les données les plus importantes à notre point de vue ont été fournies en 1855 par Edelfelt et Bevan, dans leur expédition le long de la Rivière Strickland (affluent de gauche de la Rivière Fly). Dans les premières rangées de collines du haut Strickland, ces explorateurs ont trouvé des dépôts tertiaires marins, et plus en amont, par 6° 35′ de lat. S., ils recueillirent une coquille d'*Inoceramus* ou d'*Aucella*; dans des concrétions se rencontrent des Ammonites du Jurassique moyen. On les a rapprochés de *Stephanoceras calloviense*, *S. Blagdeni*, *S. coronatum*, espèces indiquant le même horizon que celui de la transgression mésojurassique de l'Australie Occidentale [1].

Enfin, encore plus au Nord, par 5° 30′, sur la Rivière Palmer, à 3° 45′ de latitude de la colline de Mabudauan et de la côte, on atteint le pied du Mont Blücher et du Mont Donaldson, qui sont des contreforts de la chaîne principale. Ten Brink rappelle qu'en l'an 1623, Jan Carstensz, naviguant à la voile par 5°14′, le long de la côte Sud-Ouest, aperçut au loin, dans l'intérieur de l'île, des montagnes neigeuses et que ces cimes blanches n'ont pas été revues depuis jusqu'en 1881 [2]. Ces points culminants, qui atteignent probablement 5000 mètres, figurent sur le croquis de carte donné par Ijzerman dans le prolongement vers l'Est des Monts Charles-Louis, par 137° 11′ de long. E. et 4° 14′ de lat. S. [3].

1. R. L. Jack and R. Etheridge, Jr, *The Geology and Palæontology of Queensland and New Guinea*. In-8°, xxxi-768 p., 68 pl., carte géol., Brisbane and London, 1892, p. 696 et suiv.

[2. L'histoire critique des découvertes et des explorations faites le long des côtes de la Nouvelle-Guinée et dans l'intérieur de cette île a été exposée de la manière la plus complète par A. Wichmann, dans son grand ouvrage : *Entdeckungsgeschichte von Neu-Guinea*, vol. I (bis 1828); vol. II, 1re partie (1828 bis 1885); vol. II, 2e partie (1883 bis 1902). 3 vol. in-4°, xvii-387, xiv-369 p., et xvi-p. 371 à 1026, 45, 37 et 36 reprod. de cartes anciennes dans le texte, 2 pl. Leiden, 1909-1912 (fait partie de la collection : *Nova Guinea. Résultats de l'Expédition scientifique néerlandaise à la Nouvelle-Guinée en 1903 sous les auspices de* A. Wichmann).]

3. A. J. Ten Brink, *Het « Sneeuwgebergte » op Nieuw-Guinea* (Natuurk. Tijdschr. v. Nederl. O.-Indië, LII, 1893, p. 41-75); J. W. Ijzerman, Rapport (Tijdschr. k. Nederl. Aardrijksk. Genootsch., XXI, 1904, p. 339-354, carte). [L'exploration de cette haute chaîne neigeuse, et notamment des régions situées vers l'Est et vers le Nord, a réalisé de très grands progrès depuis cinq ans, grâce aux efforts énergiques des résidents et des officiers hollandais. On en jugera par la comparaison des cartes suivantes : *Overzicht der ontdekkingen in Ned. Nieuw-Guinea tot begin 1908*, 1 : 3 000 000 (Tijdschr. k. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2e ser., XXV, 1908, carte XVII); et *Overzichtskaart van Centraal Ned. Nieuw-Guinea, 1910*, 1 : 3 000 000 (Ibid., XXVII, 1910, carte XXI). Voir aussi G. P. Rouffaer, *Het gereedkomen der Nieuw-Guinea uitgave van het kon. Ned. Aardr. Genootschap* (Ibid., XXV, 1908, p. 872-876); *Verrichtingen van het militaire Exploratie-detachement op Zuid Nieuw-Guinea gedurende April 1906* (Ibid., XXV, 1908, p. 1179-1188, carte XIX et 5 profils, pl. XXXVII); J. W. van Nouhuys, *Een en ander over onzen tocht naar het Sneeuwgebergte van Ned. Indië* (Ibid., XXVII, 1910, p. 799-809, 3 phot. hors texte); *Het Digoel-Gebergte en de Juliana-Top* (Ibid., XXVII, 1910 p. 1008-1011, 1 pl. panoramas). Consulter en outre H. Wichmann, *H. A. Lorentz' Expedition im südwestlichen Neuguinea 1907* (Petermanns Mitteil., LIV, 1908, p. 89-90, pl. 9 : carte à 1 : 3 000 000); A. Lorentz, *An Expedition to the Snow Mountains of New Guinea* (Geogr. Journ., London, XXXVII, 1911, p. 477-500, 6 phot., carte à 1 : 400 000, p. 588) : le point culminant atteint par ce voyageur, le Pic Wilhelmina (15 125 pieds = 4 610 m.), est formé de calcaire à

La présence de couches mésojurassiques conduit à l'hypothèse que le Sud de la Nouvelle-Guinée appartient, au point de vue tectonique, à l'Australie[1].

1. Nouvelle-Guinée Britannique. — Ce que l'on connaît du versant Sud de la moitié orientale de la Nouvelle-Guinée est dû surtout à la relation donnée par Maitland en 1891. Elle embrasse d'ailleurs toutes les données recueillies antérieurement, en particulier celles de Macgregor[2].

Trois éléments constituent la chaîne dans ces parages; il y a d'abord une large zone de schistes anciens, à laquelle appartiennent les parties les plus élevées de l'intérieur; puis une zone de calcaires fortement redressés et plissés, qui affleurent le long d'une partie de la côte méridionale; enfin des volcans récents.

De 146° 15′ jusque vers 148° 30′, la zone calcaire, les *Moresbybeds* de Maitland, est bien connue. Ce sont des calcaires clairs, à direction N. 30° W., renfermant parfois des bancs de silex. Ils ont fourni, au Hall Sound (146° 35′), des Foraminifères et des Mollusques tertiaires; ces derniers sont d'ailleurs différents des espèces tertiaires d'Australie[3]. Il pourrait bien se faire aussi que le calcaire de Boioro, sur la côte Sud (149° 30′), appartint à cette zone calcaire, qui comprend probablement des sédiments de divers âges. Peut-être convient-il aussi d'attribuer à ce même ensemble le calcaire dur, fossilifère, de Tumu, dans le Nord-Ouest (144° 15′), près du fond du Golfe de Papouasie[4].

Alvéolines (Ibid., p. 496). — Sur la même région, voir aussi : Captain C. G. Rawling, *Explorations in Dutch New Guinea* (Geogr. Journ., XXXVIII, 1911, p. 233-255, 13 phot., carte à 1 : 250 000 p. 344); note complémentaire, publiée sous le titre de *Dutch New Guinea, Central Range* (Ibid., p. 592-594, 1 coupe montrant le plongement des couches calcaires vers le N., à partir d'un grand escarpement qui sert de ligne de partage des eaux).]

[1. Les recherches des zoologistes ont conduit à admettre que l'Australie et la Nouvelle-Guinée devaient communiquer largement, à une époque récente; Max Weber, *Süsswasserfische von Neu-Guinea. Ein Beitrag zur Frage nach dem früheren Zusammenhang von Neu-Guinea und Australien* (*Nova Guinea*. Vol. V, Zoologie, Livr. 2). In-4°, p. 201-267, 1 carte dans le texte, pl. XI-XIII, Leiden, 1908; en particulier p. 217-225. — Il résulte, d'autre part, des études du géologue Heldring que la côte sud-occidentale de la Nouvelle-Guinée a été déterminée par un effondrement, qui s'est fait sentir suivant un certain nombre de fractures plus ou moins concentriques; O. G. Heldring, *De Zuidkust von Nieuw-Guinea* (Jaarb. v. h. Mijnw. in Nederl. O.-Ind., XXXVIII, 1909, p. 83-203, pl. II-VI : cartes, 2 pl. coupes; voir, en particulier, les cartes schématiques pl. III, V, VI).]

2. A. Gibb Maitland, *Geological Observations in British New Guinea in 1891* (Blue Book, Queensland, 1892, 30 p., cartes); et *The Salient Geological Features of British New Guinea* (West Australian Nat. Hist. Soc., No. II, May, 1905, p. 32-56, 3 coupes dans le texte). La carte géologique de cette région, due à Gibb Maitland, a été reproduite par Haddon, Geogr. Journ., XVI, 1900, p. 268.

3. J. E. Tenison-Woods, *Physical Structure and Geology of Australia* (Proc. Linnean Soc. New South Wales, VII, 1883, p. 381).

[4. Sur cette région, voir Miles Staniforth Smith, *Exploration in Papua* (Geogr. Journ., London, XXXIX, 1912, p. 313-334, carte à 1 : 750 000 p. 420; en particulier p. 322-323). Voir aussi l'article : *The Mackay-Little Expedition in Southern New Guinea* (Ibid., XXXVIII, 1911, p. 483-487, 2 pl., carte p. 556).]

Le plissement de cette zone calcaire est antérieur aux laves. Au Cap Suckling (146° 45′), un large massif de laves s'avance dans la mer; ces coulées descendent du Mont Yule (Kovio), qui s'élève, assez isolé, au Sud de la chaîne principale. Jullien et De Rycke évaluent sa hauteur à 3 400 mètres et celle du Mont Sainte-Marie, qui appartient à la chaîne principale, à 4 500 mètres[1].

La vallée de la rivière Vanapa, à l'Est du Cap Suckling, a permis à Macgregor de traverser la chaîne principale, les *Monts Owen Stanley*. Elle est constituée par des schistes plissés et fortement redressés, prenant l'apparence du gneiss au Mont Victoria (4 000 m.), et auxquels succèdent, vers le Nord, des schistes argileux. Le Mont Skertchley (3 733 m.), sur le versant Nord, a souvent été visité par les chercheurs d'or[2]. Ces schistes de la chaîne principale s'avancent, par 147° 15′, jusque dans le voisinage de la côte méridionale; ils y enveloppent une masse granitique, contre laquelle s'appuie la zone calcaire. Puis, l'on voit s'accoler au bord Sud de la chaîne principale un nouveau territoire d'activité volcanique récente, occupant la région des sources du Laloki, et de grands plateaux de brèches volcaniques, comme le Plateau de l'Astrolabe, recouvrent en discordance les calcaires redressés. Le Mont Obree, dans la chaîne principale (148° 5′), paraît se rattacher à cette région volcanique. A l'Est de ce sommet, la chaîne principale atteint à nouveau l'altitude de 3 422 mètres au Mont Suckling, situé sur le versant Nord et constitué par des quartzites verdâtres.

Le Mont Dayman (2 812 m.) appartient comme le Mont Obree à la chaîne principale; il supporte un cratère et donne naissance vers le N.E. à une coulée de lave. Puis la région montagneuse s'abaisse. Vers 149° 30′ apparaît sur la côte Sud le calcaire de Boioro, déjà signalé, qui est plissé et traversé par une diorite. Par 149° 45′ commence, avec l'Ile Mugula (Dufaure), une rangée de montagnes à cratères qui, en se reliant à la Nouvelle-Guinée, forment le port de Pouro (Mullens Harbour), et les roches volcaniques prédominent depuis ce point jusqu'à Milne Bay.

Passons maintenant au versant Nord.

A l'exception du promontoire constitué par des calcaires coralliens, qui s'avance entre Goodenough et Collingwood-Bay, on ne connaît sur la côte Nord, jusqu'à 148°, c'est-à-dire jusqu'à la frontière allemande,

1. *Deux voyages d'exploration* des RR. PP. Julien et de Rycke, *Missionnaires du Sacré-Cœur* (C. R. Soc. de Géogr., Paris, 1898, p. 206-209, carte). [D'après des déterminations récentes, l'altitude du Mont Albert-Édouard, qui est le plus haut sommet de la Nouvelle-Guinée Britannique, ne dépasse pas 4 032 mètres; voir *Recent Exploration in British New Guinea* (Geogr. Journ., XXXII, 1908, p. 266-274, 1 carte h. t. p. 328); Mr. Monckton's *Journey across New Guinea* (Ibid., p. 503-507).]

2. W. Macgregor, *Journey to the Summit of the Owen Stanley Range, New Guinea* (Proc. R. Geogr. Soc., new ser., XII, 1890, p. 193-223, carte p. 256.)

que des roches volcaniques. Une partie des laves paraît être descendue des hautes montagnes. Le Cap Trafalgar (149° 15′), qui s'avance isolé dans la mer, porte le Mont Victory, volcan encore fumant.

Sous les laves se trouvent les schistes anciens de la chaîne principale : les prospecteurs, à la recherche de l'or, les ont suivis depuis les Monts Owen Stanley jusqu'à la frontière allemande et vers les sources du fleuve Hercule.

Tandis que les volcans récents du Sud-Est se prolongent dans la mer et qu'en même temps la hauteur de la chaîne diminue, les schistes aurifères, associés à un gneiss granitique, reparaissent, d'après Jack et Maitland, dans toutes les îles principales de l'*Archipel d'Entrecasteaux*. Plus au Nord-Est, à Murua (Woodlark), Maguire signale de même des schistes avec filons de quartz aurifère [1].

Les Iles de la *Louisiade* ont été reconnues depuis longtemps par Mac Gillivray et Dana comme étant des portions de la Nouvelle-Guinée. D'après Maitland, les quartz aurifères se trouvent à Tagula (Sud-Est), dans des schistes argileux redressés verticalement. Ces schistes ont été observés jusqu'à l'Ile Rossel (154° 15′) [2].

2. Nouvelle-Guinée Allemande [3]. — A l'embouchure du fleuve Hercule, dans le voisinage d'Adolf Hafen, Rüdiger a trouvé un pro-

1. W. Macgregor, Proc. R. Geogr. Soc., new ser., XIV, 1892, p. 327; H. R. Maguire, *Impressions of a Year's Sojourn in British New Guinea* (Queensland Geogr. Journ., new ser., XVII, 1901-02, p. 117-143, en particulier p. 135 et suiv.). [Sur l'extrémité orientale de la Nouvelle-Guinée, voir l'article de C. G. Seligmann and W. Mersh Strong, *Anthropogeographical Investigations in British New Guinea* (Geogr. Journ., XXVII, 1906, p. 225-242, cartes p. 324, et p. 347-369; une petite carte dans le texte, p. 358, indique l'extension des récifs coralligènes émergés).]

2. A. Gibb Maitland, mém. cité, p. 22 et suiv.

[3. Sur la Nouvelle-Guinée allemande et les groupes d'îles adjacentes, souvent réunis sous le nom d'Archipel Bismarck, voir le bon exposé d'ensemble dû à W. Sievers, *Die Schutzgebiete in der Südsee* (*in* H. Meyer, *Das Deutsche Kolonialreich*, Bd. II. Gr. in-8°, Leipzig-Wien, 1910, p. 299-496, nombreuses phot., fig. dans le texte, cartes en couleurs; renferme, p. 490-496, une liste bibliographique de 343 art.); et surtout la monographie du P. Steph. Richarz, *Der geologische Bau von Kaiser Wilhelms-Land nach dem heutigen Stand unseres Wissens* (Geol. Mitteil. aus dem Indo-Australischen Archipel, herausgeg. von G. Böhm, VII; Neues Jahrb. f. Min., XXIX. Beilage-Bd., 1910, p. 406-536, pl. XIII, XIV, 10 fig. dans le texte; Bibliographie comprenant 51 art., p. 412-414) : ce travail, rédigé en grande partie d'après les notes posthumes du P. J. Reiber, signale la présence d'une série crétacée supérieure marine, fossilifère, associée à des andésites et à des tufs, et décrit les phénomènes volcaniques, les récifs coralliens émergés, les dépôts récents de la région voisine du littoral. Voir aussi l'étude d'Aug. Sieberg, *Die Erdbebentätigkeit in Deutsch-Neuguinea* (*Kaiser-Wilhelms-Land u. Bismarckarchipel*). (Petermanns Mitteil., LVI, 1910, II, p. 72-74, 116-122, pl. 15, 16 : carte et phot.). — Pour des cartes générales de ces mêmes régions, consulter les Atlas coloniaux de P. Langhans (*Deutscher Kolonialatlas*. In-4°, Gotha, 1897, Blatt 24-29 : *Schutzgebiet der Neu-Guinea-Kompanie* in 6 Bl., 1 : 2000000) et de l'Office Impérial allemand (*Grosser Deutscher Kolonial-Atlas*, bearbeitet v. P. Sprigade u. M. Moisel, herausgegeben v. Reichs-Kolonialamt. Ergänzungs-Lieferung 1. *Die Deutschen Besitzungen im Stillen Ozean und Kiautschou*. In-f°, 5 cartes (Blatt 25-29), Berlin, 1909).]

montoire de roches schisteuses. Schleinitz remarque que sur le bord Sud du Golfe Huon, des roches anciennes apparaissent dans le voisinage de la côte[1]. D'après Rüdiger, la rivière Francisca coule sur des blocs de quartz et de granite, et la Presqu'île des Parsis est constituée par du granite[2].

Des calcaires coralliens forment les environs de Finschhafen; des calcaires paraissent affleurer tout autour, jusqu'au sommet du Sattelberg, dont l'altitude est de 970 mètres[3].

Il semble qu'à partir de l'embouchure du fleuve Markham, en remontant dans la direction du Nord-Ouest, puis à travers la large vallée de la rivière Ramu (Ottilien-Fluss) jusque vers 4° de lat. S., une région ayant une certaine autonomie se sépare de la chaîne principale, ou bien que celle-ci subisse elle-même une légère déviation. Cette région est divisée en deux moitiés par le Golfe de l'Astrolabe; la partie Sud, la Côte de Maclay, est dominée par les *Monts Finisterre*.

Winter et Hellwig, qui ont accompagné l'expédition de Zoeller, ont remonté la rivière Kabenau, tributaire du Golfe de l'Astrolabe. Ils ont traversé d'abord une chaîne de terrains sédimentaires; puis ils ont rencontré des conglomérats et des tufs fossilifères, et enfin des porphyres. Au delà, le fleuve s'infléchit vers l'Est.

Les Monts Finisterre sont formés en grande partie par des roches volcaniques récentes; leur point culminant, le Mont Gladstone (2 390 m.), paraît constitué par de l'andésite augitique. Ils sont bordés au Sud par le Kabenau, et au Sud de la vallée de ce fleuve affleure du porphyre. De ce point, on apercevait deux hauts massifs, au Sud, les *Monts Kraetke*, dont la direction s'incline davantage vers l'E.S.E., et à l'Ouest les *Monts Bismarck*, encore plus élevés, et orientés S.E. Ces derniers font partie de la chaîne principale de la Nouvelle-Guinée[4].

Les *Monts Oertzen* (Tajomanna; alt. 1100 m. environ) peuvent être

1. Freiherr von Schleinitz, *Beschreibung der Nordküste von Kaiser Wilhelms-Land von Kap Cretin bis zu den Legoarant-Inseln* (Nachrichten über Kaiser Wilhelms-Land und das Bismarck-Archipel, herausgegeben von der Neu-Guinea Compagnie zu Berlin, V, 1889, p. 48-87, carte à 1 : 500 000; en particulier p. 55).

2. H. Rüdiger, *Der Huon-Golf im Südosten von Kaiser-Wilhelms-Land* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, XXIV, 1897, p. 280-295, pl. 7 : carte, en particulier p. 288 et 293). [Voir aussi A. Klautzsch, *Die Gesteine des Wariagebietes und das dortige Goldvorkommen, Kaiser-Wilhelms-Land, Neuguinea* (Jahrb. k. Preuss. Geol. Landesanst., Berlin, XXIX, 1908, II. Teil, p. 432-438, pl. 26 : carte).]

3. Schneider, Nachrichten über Kaiser Wilhelms-Land, II, 1886, p. 85 et suiv.; Warburg, Ibid., VI, 1890, p. 20; carte dans le t. V, 1889.

4. Winter und Hellwig, *Expedition nach dem Finisterre-Gebirge* (Nachrichten über Kaiser Wilhelms-Land, V, 1889, p. 3-15, carte h. t.). [Voir aussi E. Werner, *Im westlichen Finisterregebirge und an der Nordküste von Deutsch-Neuguinea* (Petermanns Mitteil., LV, 1909, p. 73-82, 107-113, pl. 7 : carte et croquis).]

considérés comme une continuation vers le Nord-Ouest des contreforts des Monts Finisterre. Lauterbach a rencontré sur la crête des conglomérats fortement redressés, avec d'énormes blocs de diorite, de gabbro, d'andésite à hornblende, des schistes argileux métamorphiques et des calcaires présentant un ciment compact, d'un vert noirâtre[1].

On retrouve ce même conglomérat plus au Nord, sur la rivière Nuru. En remontant ce cours d'eau, Lauterbach est parvenu jusqu'aux Monts Sigaun, constitués par des schistes argileux foncés, puis par des tufs et des grès; au delà du faîte de partage des eaux, dans le bassin du Ramu, il a rencontré des argiles feuilletées, tendres, très redressées, avec de petites veines de houille. La grande vallée longitudinale du Ramu commence derrière les Monts Finisterre et atteint là une largeur moyenne de 30 kilomètres. Elle suit le bord Nord-Est des Monts Bismarck, dont les sommets atteignent 4 300 mètres de hauteur, et elle les sépare des chaînons montagneux qui se trouvent le long de la côte. Un des contreforts (990 m.) a été gravi; il est formé de gabbro et de péridotite; les ruisseaux roulent des diorites, des gneiss et des blocs de quartz[2].

3. Nouvelle-Guinée Néerlandaise. — Un important progrès dans notre connaissance du Nord-Ouest de la Nouvelle-Guinée est dû au voyage accompli par Wichmann en 1903[3]; d'autre part, les études de G. Boehm et de Wanner permettent de reprendre sur de nouvelles bases la question de savoir si la Nouvelle-Guinée se prolonge vers

1. C. Lauterbach, Nachrichten, etc., 1896, p. 39, et *Bericht über die Kaiser Wilhelm-Land-Expedition im Jahr 1896* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, XXIV, 1897, p. 51-69, pl. 1 : carte, en particulier p. 53); voir aussi son article : *Die geographischen Ergebnisse der Kaiser Wilhelms-Land-Expedition* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., XXXIII, 1898, p. 141-175, pl. 3, 4 : cartes).

2. L'identité du Ramu et de l'Ottilien-Fluss a été établie plus tard par Tappenbeck (Nachrichten über Kaiser Wilhem-Land, 1898, p. 51-59, carte h. t.). [Pour les chaînons situés plus à l'Ouest, en arrière de la côte de Finsch, voir P. Jos. Reiber, *Eine geologische Expedition in das Torricelligebirge, Kaiser-Wilhelms-Land* (Petermanns Mitteil., LVI, 1910, I, p. 78-80, 132-135, pl. 16 : carte géol. à 1 : 200 000); G. Friederici, *In das Hinterland der Nordküste des Kaiser-Wilhelmslandes*; suivi de : K. Sapper, *Geologische Verhältnisse* (Ibid., LVI, 1910, II, p. 182-186, pl. 34, 35 : cartes).]

3. A. Wichmann, Rapports insérés aux Bull. nos 43, 44 et 46 de la Maatsch. van het Natuurkund. Onderzoek d. Nederland. Koloniën (Nieuw-Guinea Expedit., 1903, Bull. nos 3, 4 et 6). In-8°, Leiden. [Voir aussi l'ouvrage publié par la Kon. Nederlandsche Aardrijkskundig Genootschap, *De Zuidwest Nieuw-Guinea Expeditie 1904/5*. In-8°, XXVI-676 p., 150 fig., 6 tableaux, 20 pl. phot. et cartes, Leiden, 1908 (p. 399-416 : Rapport de C. Moerman sur une Excursion géologique à l'Est de l'Etnabaai); et surtout K. Martin, *Palaeozoische, Mesozoische und Känozoische Sedimente aus dem Südwestlichen Neu-Guinea* (Samml. d. geol. Reichs-Museums in Leiden, I. Beitr. zur Geol. Ost-Asiens und Australiens, IX. Heft, 1911, p. 84-107, pl. VIII : carte des gisements (à 1 : 5 000 000) : étude des fossiles paléozoïques, jurassiques, crétacés, éocènes, recueillis par l'Expedition... « Jedenfalls darf man annehmen, écrit K. Martin, dass mesozoische Sedimente, gleich den känozoischen, in weiter Erstreckung (wenn auch nicht ohne Unterbrechung) dem Verlaufe des Centralgebirges von Niederländisch Neu-Guinea folgen » (Ibid., p. 107).]

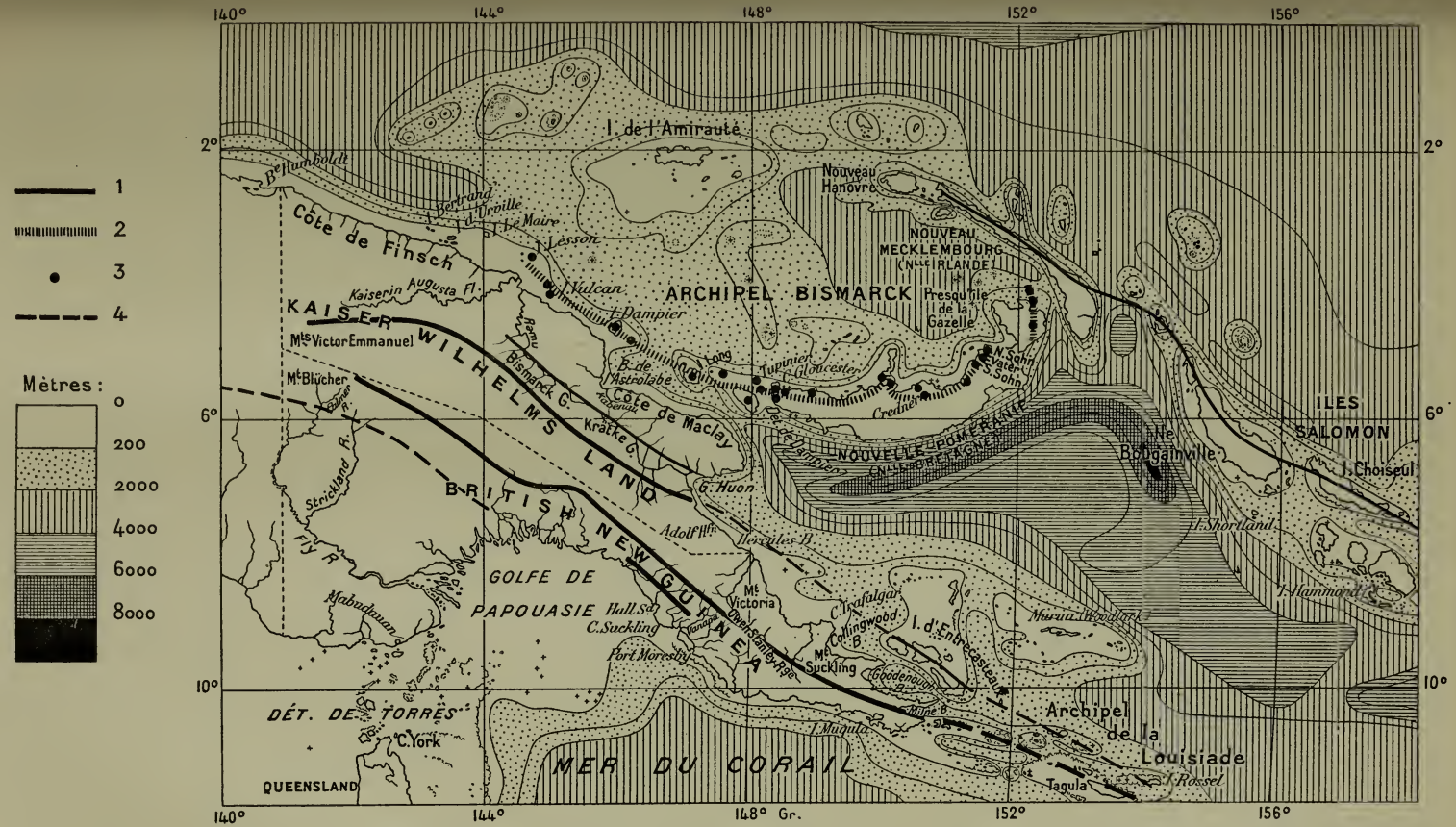


Fig. 234. — La Nouvelle-Guinée Allemande et l'Archipel Bismarck, d'après A. Sieberg (*Petermanns Mitteil.*, LVI, 1910 (II), pl. 15).

1. Principales directrices tectoniques; 2. Alignements volcaniques; 3. Volcans; 4. Limite de la partie de la Nouvelle-Guinée prolongeant, au Nord, le continent australien. — Échelle de 1 : 12 000 000.

l'Ouest, dans la région des Iles de la Sonde (III, 1re partie, p. 317). Nous suivrons d'abord la relation de Wichmann.

Des roches vertes éruptives (gabbros, serpentines, etc.) s'étendent depuis le Sud-Est de Halmahera jusqu'aux îles qui se trouvent au large de l'extrémité Nord-Ouest de la Nouvelle-Guinée (III, 1re partie, p. 346). On n'en connaît pas le prolongement. C'est seulement par 140° 18′, dans une île du Golfe de Tanah-Merah, que l'on signale de nouveau du gabbro, et l'île de Misotti, dans la Baie de Humboldt (140° 43′), est constituée par de la serpentine. Je ne sais s'il faut considérer comme faisant partie de la même bande la chloromélanite qu'on rencontre entre ces deux points, sur les bords de la rivière Tarare, et avec laquelle sont fabriquées les haches en pierre, souvent citées, qui proviennent de la Baie de Humboldt. D'après Wichmann, cette roche forme des bancs dans des schistes argileux. Les cailloux de gabbro, roulés par le fleuve Tami (140° 55′), proviennent probablement de régions plus élevées.

Des roches cristallines anciennes et des phyllades ne se rencontrent pas seulement dans la rangée des Iles Peling-Misul, dirigées E.-W., mais aussi dans la Presqu'île de Beru. Au Sud-Est, il y a des schistes argileux et un conglomérat rouge plissé.

Sur la rive Sud-Ouest du Golfe du Geelvink, les roches anciennes et des quartzites plissés se présentent en place; l'Ile Roon est formée par des gneiss; dans les îles septentrionales du golfe règnent des schistes anciens et des diabases. Plus à l'Est, des cailloux de schistes cristallins descendent des Monts des Cyclopes, et dans la Baie de Tarare (140° 32′) on voit affleurer du marbre, des gneiss, et des quartz tourmalinifères.

Sur plusieurs points, et même assez loin vers l'Est, on connaît des sédiments mésozoïques dont il sera question plus tard. Ils apparaissent sur le fleuve Paparó, non loin de l'isthme qui réunit Beru à la Nouvelle-Guinée, puis plus au Sud-Est sur le Lac Jamur, et aussi, par 139° 50′, sur la rivière Tawarin (Baie de Walckenaer).

La série de couches que signale ensuite Wichmann est formée par des argiles et des grès miocènes fortement redressés, contenant du charbon, avec *Arca* et *Ostrea*; on y trouve aussi, vers l'Est, une couche à *Melania*. Ces dépôts ont été rencontrés sur plusieurs points à partir de 139° 45′ environ, le long des rivières qui se jettent dans la Baie de Walckenaer, jusqu'à 140°55′. Autant que les données actuelles permettent d'en juger, ils s'étendent toujours plus avant dans l'intérieur. Peut-être forment-ils le bord externe de la chaîne plissée qui vient ensuite. —

Dans la Baie de Mac Cluer, la côte septentrionale est plate, tandis que

la côte méridionale, avec les îles qui la précèdent, est une côte à rias, constituée par des calcaires à Alvéolines très plissés, s'orientant N. W. [1]. Elle s'étend au Sud jusqu'à 4° de lat. S. Dans l'Est, la rivière Tawarin, qui descend vers le Nord, roule encore des galets de calcaire à Alvéolines, ainsi que des granites, diabases, gneiss et autres roches provenant des régions plus élevées de l'intérieur.

Des calcaires foncés à Crinoïdes, carbonifères ou permiens, affleurent à l'embouchure du fleuve Belangkat, au Sud des calcaires à Alvéolines. Ce gisement ne doit pas se trouver très loin de l'extrémité occidentale des Monts Charles-Louis. —

Revenons maintenant aux sédiments mésozoïques.

Dans les Iles de la Sonde, Taliabo, Mangoli, Misool au Nord, puis Boeroe et Ceram au Sud, G. Boehm a fait connaître une série de couches fossilifères s'étendant depuis le Trias jusqu'au milieu du Crétacé, et dont les faunes présentent de remarquables affinités avec celles de l'Europe. A cette même série appartiennent les lambeaux découverts dans le Nord de la Nouvelle-Guinée par Wichmann. *Phylloceras strigile* de la faune de Spiti se trouve aussi bien à Taliabo qu'à une grande distance de cette île, dans des concrétions analogues, sur la rivière Tawarin, dont il a déjà été question plus haut (139° 45′) [2].

Mais il y a cette différence essentielle que dans la rangée des îles du Nord, ces dépôts ne sont pas plissés et reposent sur des roches anciennes, tandis qu'au contraire ils se montrent plissés dans le Sud. Wanner a constaté que ces plissements, dans l'Ouest de Boeroe, affectent encore le Crétacé à *Tissotia* et qu'ils sont particulièrement violents dans l'Est de Ceram. On y voit apparaître des blocs volumineux, qui paraissent avoir été ramenés de la profondeur (*Grundschollen*), et des Radiolaires

1. C. Schlumberger a trouvé que le prétendu calcaire à Alvéolines du Nord-Ouest de la Nouvelle-Guinée ne renferme pas d'Alvéolines, mais une nouvelle espèce du genre *Lacazina*, que l'on ne connaissait jusqu'à présent que dans le terrain crétacé (*Lacazina Wichmanni*). L'âge éocène de cette formation doit donc être établi par d'autres fossiles, associés à ce Foraminifère, et au nombre desquels K. Martin cite des Orbitoïdes et un *Cycloclypeus* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXII, 1894, p. 295-298, pl. XII).

2. G. Boehm, *Beiträge zur Geologie von Niederländisch-Indien*, 1. Abth., *Die Südküsten der Sula-Inseln Taliabu und Mangoli*; 1. Abschn., *Grenzschichten zwischen Jura und Kreide* (Palæontographica, Supplem. IV, 1904, 46 p., pl. I-VII, 2 cartes); *Geologische Mittheilungen aus dem Indo-Australischen Archipel*, 1. *Neues aus dem Indo-Australischen Archipel* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXII, 1906, p. 385-412, pl. XV : carte); et dans d'autres publications. [Voir aussi G. Boehm, *Zur Geologie des Indo-australischen Archipels. Nachträge. I.* (Centralblatt f. Min., 1908, p. 503-504); et *Zur Geologie des Indo-australischen Archipels. Nachträge. IV. Zur neuen obertriadischen Fauna aus den Molukken* (Centralblatt f. Min., 1910, p. 161-163); K. Deninger, *Einige Bemerkungen über die Stratigraphie der Molukken und über den Werth paläontologischer Altersbestimmung überhaupt* (Neues Jahrb. f. Min., 1910, II, p. 1-15); J. Wanner, *Einige geologische Ergebnisse einer im Jahre 1909 ausgeführte Reise durch den östlichen Teil des Indo-australischen Archipels, Vorläufige Mitteilung* (Centralblatt f. Min., 1910, p. 137-147); J. Wanner, *Neues über die Perm-, Trias- und Juraformation des Indo-australischen Archipels* (Ibid., p. 736-741).]

en relation avec une roche éruptive basique. Là, dans l'Est de Ceram, sur la côte Sud-Est, les Monts Bate se dirigent N.E., et au Nord de ce massif un second chaînon s'oriente d'abord E.-W., puis entre N. W. et N. jusqu'à la côte septentrionale[1].

A Taliabo[2], les couches jurassiques sont horizontales ou inclinées, mais nulle part elles ne se montrent plissées, et Misool est un champ de fractures[3]; au contraire, la chaîne des Iles du Sud ressemble à Timor par sa structure et la succession des couches qui la constituent[4].

On a émis ici l'hypothèse (III, 1re partie, p. 318) que Boeroe et Ceram représentaient le prolongement de la presqu'île méridionale de la Nouvelle-Guinée; G. Boehm s'est rallié à cette manière de voir[5].

Jusqu'à plus ample informé, nous admettrons que la Cordillère principale de la Nouvelle-Guinée atteint Boeroe. Les îles septentrionales, de Taliabo jusqu'à Misool, ainsi que la Presqu'île de Beru et la côte Nord de la Nouvelle-Guinée (à l'intérieur de la Baie de Walckenaer, jusqu'à la bande miocène plissée), devraient dès lors être considérées comme représentant son avant-pays.

Vue d'ensemble sur la Nouvelle-Guinée. — L'énorme distance qui sépare Célèbes de l'Ile Rossel (Louisiade), ainsi que les grandes lacunes subsistant dans nos connaissances, ne permettent pas d'énoncer ici des résultats certains. Macgregor a bien franchi la partie Sud-Est des hautes montagnes, et il y a actuellement un service régulier de courriers qui, de Port Moresby, traversent l'île du Sud au Nord,

1. J. Wanner, *Geologische Mittheilungen aus dem Indo-Australischen Archipel*, III. *Zur Geologie und Geographie von West-Buru* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXIV, 1907, p. 133-160, pl. VI : carte), et IV. *Triaspetrefakte der Molukken und des Timorarchipels* (Ibid., p. 161-220, pl. VII-XII).

[2. Voir J. W. van Nouhuys, *Bijdrage tot de kennis van het eiland Taliaboe der Soela Groep, Moluksche Zee, I* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2e ser., XXVII, 1910, p. 945-976, pl. XX : carte géol.).]

[3. Ces résultats ont été confirmés par les études ultérieures de J. Wanner, *Beiträge zur geologischen Kenntnis der Insel Misol* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2e ser., XXVII, 1910, p. 469-500, pl. XI, XII : cartes géol.). Voir aussi G. Boehm, *Zur Geologie der Indo-australischen Archipels, Nachträge. V. Zur Kenntnis der Süd-Küste von Misol* (Centralblatt f. Min., 1910, p. 197-209, 2 cartes dans le texte, p. 199); signale la présence à Misool du Lias, du Dogger, du Tithonique et de l'Éocène.]

[4. Sur la géologie de Timor et des îles voisines, consulter : G. Boehm, *Geologische Mitteilungen aus dem Indo-Australischen Archipel, VI.* a) *Vorjurassische Brachiopoden von Ambon;* b) *Jüngeres Paläozoicum von Timor;* c) *Jura von Rotti, Timor, Babar und Buru* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXV, 1908, p. 293-343, pl. IX-XIII, 13 fig.); C. Renz, *Die Trias von Rotti und Timor im Ostindischen Archipel* (Centralblatt f. Min., 1909, p. 755-759); G. A. F. Molengraaff, *Mededeeling omtrent de Timor-Expeditie onder leiding van Prof. Dr.* — (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., XXVIII, 1911, p. 470-475); J. Wanner, *Triascephalopoden von Timor und Rotti* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXII, 1911, p. 177-196, pl. VI, VII), et *Geologie von Westtimor* (Geol. Rundschau, IV, 1913, p. 136-150, pl. V; carte).]

5. G. Boehm, *Geologische Mittheilungen aus dem Indo-Australischen Archipel*, I, p. 404.

par un col de 2000 mètres[1]. Mais, à partir de là, en allant vers le N. W., les hautes montagnes de l'intérieur (Monts Bismarck, Victor-Emmanuel, Charles-Louis) n'ont encore jamais été atteintes par un blanc. Aussi est-ce à peine si l'on peut formuler les modestes conjectures suivantes, qui, sous réserve de rectifications, nous serviront de base en cherchant à interpréter le plan général de cette importante partie de la surface terrestre.

1. Halmahera appartient à l'Asie.

2. Des directions asiatiques, dont l'allure se rapproche ordinairement du méridien, viennent rencontrer une chaîne d'îles orientée de l'Est à l'Ouest (de Taliabo à Misool), et en même temps se terminent les volcans actifs. Des terrains anciens apparaissent dans ces îles, surmontés de couches mésozoïques non plissées. Ces caractères persistent dans la Presqu'île de Beru, les Iles du Golfe du Geelvink, puis jusqu'à la Baie de Walckenaer au moins. Ces données indiquent la présence, en particulier à Beru (Monts Arfak), non pas d'une Cordillère récente, mais plutôt d'un massif ancien.

3. Sur la côte, entre 140° 18′ et 140° 43′, donc au Nord du prolongement probable des roches de Beru, apparaissent des pointements isolés de gabbro et de serpentine. En continuant vers l'Est vient ensuite un long espace inconnu; puis, de gros blocs de roches analogues se retrouvent dans un conglomérat fortement plissé des Monts Oertzen; il est possible que ce conglomérat fasse partie de la série des couches plissées verticales de la rivière Kabenau. Ces gisements, qui rappellent Halmahera et les Philippines, joints aux masses andésitiques des Monts Finisterre, semblent avoir une certaine autonomie. La vallée longitudinale du haut Ramu en indiquerait la limite.

4. En même temps que ces roches, on remarque sur le littoral du Nord, de 140° 7′ à 140° 14′ (entre la Baie de Walckenaer et la Baie de Humboldt), des pointements isolés de basalte et d'andésite; c'est sans doute le début d'une série de récifs volcaniques, et ensuite de volcans récents, qui accompagnent d'abord la côte, puis, comme on va le montrer, s'en éloignent et se dirigent vers la Nouvelle-Poméranie. La position des calcaires du Sattelberg (Finschhafen, dans les Monts Finisterre) est tout à fait incertaine.

5. Au Sud du Ramu, on sait seulement que de hautes montagnes se redressent, mais on ne connaît pas leur constitution. Dans le Golfe Huon, des granites et des roches anciennes atteignent le bord de la mer. Ils appartiennent, suivant toute vraisemblance, à la haute chaîne qui se

1. R. Pöch, *Über meine Reisen in Deutsch-, Britisch- und Niederländisch-Neu-Guinea* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, 1907, p. 163).

poursuit depuis ce point, par la Chaîne de l'Owen Stanley, jusqu'à l'extrémité Sud-Est de l'île. Cette chaîne est constituée par des schistes avec quartz aurifères, ressemblant par places à des gneiss et englobant des massifs granitiques isolés. Elle porte çà et là des volcans. Vers le Sud-Est, ces volcans récents deviennent plus nombreux. L'Archipel d'Entrecasteaux et celui de la Louisiade en sont des prolongements.

6. Au Nord, les Iles Boeroe et Ceram présentent les caractères d'une Cordillère plissée, qui a pour prolongement la côte à rias par laquelle commencent les Monts Charles-Louis, au Sud de la Baie de Mac-Cluer. Cette Cordillère est d'âge post-miocène; son bord externe, au Nord, s'enfonce au Sud de la Baie de Walckenaer dans l'intérieur du pays. Jusqu'à quelle distance s'étend-elle vers le Sud-Est? Les montagnes situées plus au Sud, comme les Monts Owen Stanley, lui appartiennent-elles? On n'a aucune certitude à cet égard.

7. La seule trace d'une Cordillère récente que l'on connaisse dans le Sud-Est se trouve sur le versant Sud de la haute chaîne, sous la forme d'une bande de calcaires plissés; elle apparaît sur la rive Nord-Est du Golfe de Papouasie, et, orientée N. 30° W., suit la côte méridionale. Une partie des couches qui la constituent (Moresby Beds) est considérée comme tertiaire.

8. Le Sud est occupé par un pays de plaines basses ou de collines. La croupe granitique de Mabudauan appartient à l'Australie. Les couches tertiaires et jurassiques, ces dernières s'étendant jusqu'à 6° 35′ sur le cours supérieur de la Rivière Strickland, n'ont fourni jusqu'à présent aucune donnée sur sa tectonique. Mais on peut conclure de tout cela que, entre les Philippines (Halmahera) et la prolongation présumée de la Cordillère de la Nouvelle-Guinée (Ceram, Boeroe), il paraît s'introduire un élément autonome, plus ancien, dont le fragment le plus important serait représenté par la Péninsule de Beru. A la suite de ces résultats, la situation de la Cordillère de Timor et ses relations possibles avec l'Australie mériteraient d'être examinées à nouveau (III, 1re partie, p. 314). En attendant, Hirschi a fait connaître de nouvelles preuves de la diversité des dépôts mésozoïques qui s'y montrent plissés[1].

Iles au Nord-Est de la Nouvelle-Guinée. — A peu de distance au large de la côte septentrionale commence une longue rangée d'îles, constituées en grande partie par des volcans actifs; elle court d'abord parallèlement à la côte, puis s'incurve (fig. 234) vers la Nouvelle-

1. H. Hirschi, *Geologische Mittheilungen aus dem Indo-Australischen Archipel*, V. *Zur Geologie und Geographie von Portugiesisch-Timor* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXIV, 1907, p. 460-474, pl. XXXVI, XXXVII : cartes).

Poméranie. Comme on l'a déjà vu, rien ne s'oppose à ce que l'on y fasse rentrer les pointements isolés d'andésite et de basalte que Wichmann a rencontrés entre la Baie de Walckenaer et la Baie de Humboldt. Dans l'Est viennent ensuite les récifs et les Iles Bertrand, Guilbert, d'Urville; à l'Ile Roissy (144°), on se trouve déjà dans l'alignement des *Iles Le Maire*, lesquelles, comme l'ont montré Wilfr. Powell et Kärnbach[1], sont en continuité avec l'arc qui se dirige vers la Nouvelle Poméranie. Au delà de l'Ile Roissy vient l'Ile Vulcan, puis les Iles Dampier, Rich, Crown, Long-Lottin, Tupinier et Ritter, toutes pourvues de volcans; et la courbe qu'elles décrivent atteint, en fin de compte, par les volcans Below (2 100 mètres) et Hunstein, la *Nouvelle-Poméranie*[2]. Les découvertes du Baron von Schleinitz nous apprennent que la côte Nord, concave, de cette longue île est constituée par une série de volcans et de montagnes isolées, probablement volcaniques, qui sont réunis par une bande de pays bas. Aux Monts Below et Hunstein et au sommet cratériforme du Cap Gloucester, cette série va se rattacher en manière de prolongement jusqu'à l'Ile Raoul (5° 11′ de lat. S.).

Il est difficile de décider si cette série d'îles aboutissant à Raoul représente une avancée de l'arc entier vers le N.E., c'est-à-dire vers le Cap Hollmann, une nouvelle rangée volcanique apparaissant alors en arrière, ou bien si cette rangée nouvelle est le prolongement de l'arc primitif. A l'intérieur de la presqu'île dont Raoul fait partie apparaissent en effet de nouveaux volcans (Credner, Engler, etc., jusqu'à Duportail et Nord-Sohn), et ceux-ci s'étendent vers le grand groupe de volcans actifs qui s'élèvent dans la Baie Blanche, sur le bord septentrional de la Presqu'île de la Gazelle[3].

1. Wilfr. Powell, *Visits to the Eastern and North-eastern Coasts of New Guinea* (Proc. R. Geogr. Soc. London, new ser., V, 1883, p. 511); Kärnbach, Nachrichten über Kaiser Wilhelms-Land, IX, 1893, p. 43.

[2. Voir E. Lehmann, *Petrographische Untersuchungen an Eruptivgesteinen von der Insel Neupommern unter besonderer Berücksichtigung der eutektischen Verhältnisse pyroxen-andesitischer Magmen* (Min.-Petrogr. Mitteil., XXVII, 1908, p. 181-243, pl. 1, 6 fig. croquis de volcans dans le texte; récoltes du Dr. A. Pflüger); K. Sapper, *Beiträge zur Kenntnis Neupommerns und des Kaiser-Wilhelms-Land. Nach den Aufnahmen von* Hauptm. G. Friederici, *nach Aufzeichnungen von* Assess. Full *und eigenen Beobachtungen* (Petermanns Mitteil., LVI, 1910, I, p. 189-193, 255-256, pl. 33 : cartes).]

3. Freih. von Schleinitz, *Begleitworte zur Karte der Nordküste des westlichen Teils der Insel Neu-Pommern* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, XXXI, 1896, p. 137-154, pl. 7, 8 : carte et profils); et *Begleitworte zur Karte des östlichen Teils der Insel Neu-Pommern* (Ibid., XXXII, 1897, p. 349-359, pl. 11 : carte); voir aussi Nachrichten über Kaiser Wilhelms-Land, V, 1889, p. 81. A l'Ile Rook, il est possible que deux pointes coniques atteignant l'altitude de 2 000 m. environ (au Sud-Est) soient des volcans; mais le fait n'est pas certain. C'est dans cette île que s'est produite la catastrophe du 13 février 1888 : le violent raz de marée qu'elle détermina sur les côtes de la Nouvelle-Poméranie fit périr les voyageurs v. Below et Hunstein, et anéantit leur expédition.

Ainsi, à partir des Iles Le Maire, une ligne de volcans en pleine activité s'étend en arc de cercle à travers le Détroit de Dampier et le long de la côte Nord de la Nouvelle-Poméranie; la façon dont elle vient s'insérer dans le plan tectonique général est encore un problème. La seule donnée que l'on possède sur la constitution intérieure du pays est la conjecture du comte Pfeil, que les chaînons montagneux de l'intérieur courent obliquement au contour de l'île et parallèlement à la Nouvelle-Guinée [1].

Cette supposition trouve quelque appui dans la structure du *Nouveau-Mecklembourg*. Là, Liversidge signale du porphyre, de la diorite et aussi des calcaires foncés, différents des calcaires coralliens, puis, vers 760 mètres, des calcaires gris, un peu cristallins (II, p. 266) [2]. Ceci concorde avec les données du comte Pfeil, d'après lesquelles la partie Sud de l'île serait volcanique; la partie qui s'allonge au Nord-Ouest étant au contraire une croupe de terrains sédimentaires, reposant peut-être sur un substratum plus ancien, escarpée vers le S.W. et disposée en pente douce vers le N.E. Cette bande représenterait en même temps le plus oriental des plis parallèles à la Nouvelle-Guinée. Nous considérerons le Nouveau-Mecklembourg comme le prolongement des Iles Salomon, où nous aurons à signaler des calcaires analogues, très probablement mésozoïques.

Toutes les îles de l'*Archipel Bismarck*, jusqu'aux *Iles de l'Amirauté*, n'ont fourni jusqu'à présent que des roches volcaniques et des calcaires coralliens récents [3].

1. Joachim Graf Pfeil, *Studien und Beobachtungen aus der Südsee*. In-8°, Braunschweig, 1899, p. 190.

2. A. Liversidge, *Rocks from New Britain and New Ireland* (Journ. and Proc. Royal Soc. New South Wales, XVI, 1882, p. 47-51). [Voir en outre K. Sapper, *Neu-Mecklenburg* (Hettner's Geogr. Zeitschr., XV, 1909, p. 425-450); et *Wissenschaftliche Ergebnisse einer amtlichen Forschungsreise nach dem Bismarck-Archipel im Jahre 1908*. I. *Beiträge zur Landeskunde von Neu-Mecklenburg und seinen Nachbarinseln. Mit einem Beitrag von* C. Lauterbach (Mitteil. aus den Deutsch. Schutzgeb., Ergänzungsh. 3). In-4°, IV-130 p., 4 phot., 8 pl., cartes hypsométriques et géologiques en couleurs, coupes, Berlin, 1910. On remarquera en particulier, dans ce mémoire, la carte à 1 : 1 000 000 des terrasses marines, qui s'élèvent jusqu'à l'altitude de 800 mètres dans le Sud du Nouveau-Mecklembourg (pl. 6); des dépôts néogènes de mer profonde, renfermant de nombreux Foraminifères, ont été observés jusqu'à 1 100 mètres (p. 330). Les conditions paraissent donc analogues à celles que Guppy a fait connaître aux Iles Salomon.]

3. A. Hahl, *Der Bismarck-Archipel und die Salomons-Inseln* (Mittheil. aus den Deutsch. Schutzgeb., XII, 1899, p. 111, 112); G. Thilenius, *Geologische Notizen aus dem Bismarck Archipel* (Globus, LXXVIII, 1900, p. 201-203); A. Pflüger, *Einige geologische Bemerkungen über den Bismarck Archipel* (Mittheil. aus den Deutsch. Schutzgeb., XIV, 1901, p. 131-138); on indique, dans ce mémoire, que des galets de granite augitique et de syénite sont amenés par les cours d'eau qui descendent des Monts Baining (Nouvelle-Poméranie). [Voir aussi le résumé général de K. L. Hammer, *Die geographische Verbreitung der vulkanischen Gebilde und Erscheinungen im Bismarckarchipel und auf den Salomonen*. Inaug.-Diss. In-8°, VI-63 p., carte à 1 : 6 000 000, Giessen, 1907; et la note de O. Stutzer, *Ueber Gesteine der Insel Lou, Admiralitätsgruppe, Südsee* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXII, 1910, Monatsber.,

Du Nouveau-Mecklembourg à l'Ile Hunter. — Cette longue chaîne d'îles comprend comme termes principaux le Nouveau-Mecklembourg, les Iles Salomon, les Iles Santa-Cruz et les Nouvelles-Hébrides. Elle est caractérisée par une direction générale commune, qui, d'après la forme et la position des îles, dessine un arc légèrement convexe vers le N.E. Plusieurs autres caractères communs les réunissent.

Nous commencerons par *Guadalcanar*, dans les Iles Salomon. Foullon a visité cette grande île ; il fut tué par les indigènes en essayant de pénétrer dans l'intérieur; son nom doit être mentionné avec gratitude, parmi ceux des nombreuses victimes dont nous ne devons pas utiliser les résultats sans saluer respectueusement la mémoire. Ses observations sur cette île n'ont pas été publiées. Hansel a seulement décrit les roches volcaniques [1]. Grâce à l'amabilité de M. le professeur Berwerth, j'ai pu examiner toute la collection.

A Guadalcanar, à côté des roches volcaniques récentes, en particulier de l'andésite, on trouve de la dolérite et de la porphyrite. Il y a également de nombreux échantillons de péridotite, de gabbro et de serpentine; Foullon y a rencontré en outre un calcaire gris-clair, tout à fait analogue d'aspect à un calcaire mésozoïque des Apennins ou des Alpes. Cette roche est recoupée par des surfaces polies et striées, qui témoignent d'importants efforts dynamiques [2]. On trouve également dans la collection une roche verte laminée, avec de la serpentine sur les surfaces d'écrasement. Guadalcanar doit donc être considérée comme un fragment d'une Cordillère, à la constitution de laquelle des roches vertes intrusives prennent une part importante, comme elles le font dans la Nouvelle-Calédonie, à Cuba ou dans l'Apennin.

Guppy, qui a fourni sur les Iles Salomon des observations précieuses, n'a pas visité Guadalcanar; mais ses résultats sont pleinement d'accord avec les données qu'on vient de citer. Des Iles Florida, voisines de Guadalcanar au Nord, Judd cite une roche analogue à la granulite, puis des granulites trappéennes à hornblende, enstatite et

p. 586-589). — L'examen microscopique des nombreux échantillons de roches sédimentaires rapportées de l'Archipel Bismarck et des îles adjacentes par G. Friederici a permis d'y reconnaître la présence de niveaux très variés de la série tertiaire, telle qu'elle est connue dans l'Asie Orientale et les parages voisins de l'Océan Pacifique, de l'Oligocène inférieur au Pléistocène; R. Schubert, *Die fossilen Faraminiferen des Bismarckarchipels und einiger angrenzender Inseln* (Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst., XX, Heft 4, 1911. In-4°, 130 p., 6 pl. phot., 17 fig. dans le texte); voir aussi la note du même auteur : *Ueber Foraminiferen und einem Fischotolithen aus dem fossilen Globigerinenschichten von Neu-Guinea* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1910, p. 318-328).]

1. H. B. v. Foullon, *Reiseskizzen aus Australien* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1874, p. 164): Hansel, *Ueber einige Eruptivgesteine von der Inselgruppe der Neu-Hebriden* (Jahresbericht Staats-Ober-Realschule XVIII. Bezirk, Wien, 1901, 56 p.).

2. Foullon écrit, à propos de ce calcaire : « se trouve en place, entre deux ruisseaux débouchant dans la Baie des Voyageurs » (Côte Sud-Ouest).

plagioclase, ainsi que des serpentines à diallage[1]. Guppy rapporte que ces dernières sont en général un peu laminées, schisteuses et plongent sur un point de 60° à 70°. Le même voyageur signale de la serpentine à San-Cristoval et Ysabel, du gabbro dans l'île la plus méridionale du groupe, à Santa Anna, du porphyre quartzifère et des diorites quartzifères en plusieurs points. Parmi les matériaux les plus curieux, qui mériteraient une étude approfondie, se trouve un calcaire gris, dur, rempli de coquilles d'une Rhynchonelle[2]; cette roche constitue l'Ile Poperang[3] dans le groupe des Shortland, au Sud de l'Ile Bougainville.

Les volcans actifs des Iles Salomon ne s'alignent pas en une série autonome, mais, autant qu'on peut l'entrevoir, ils viennent se placer entre les témoins isolés de la Cordillère. Un cône élevé et fumant se dresse dans l'Ile Bougainville; Simbo (Eddystone, Narovo, à l'Ouest de la Nouvelle-Géorgie) et Savo (au Nord de Guadalcanar) sont des volcans actifs.

Les Iles Salomon sont, en beaucoup de points, entourées par des calcaires récents, formant des gradins successifs et s'élevant jusqu'à environ 500 pieds [150 mètres]; de plus, on y trouve des tufs marins récents. Guppy note la constance de l'amplitude des déplacements du rivage sur plus de 600 kilomètres.

Les îles qui se trouvent au Nord : Ongtong Java, Simpson, etc., sont des îles basses, coralligènes[4].

Nos connaissances sur la structure des *Nouvelles-Hébrides* ont été complétées sur plusieurs points importants par les recherches de Mawson[5]. Les données sur la présence des roches anciennes dans les

1. H. B. Guppy, *The Solomon Islands, their Geology, General Features and Suitability for Colonization*. In-8°, VII-152 p., 3 cartes, 2 pl. coupes. London, 1887; *Observations on the Recent Calcareous Formations of the Solomon Group made during 1882-84* (Trans. Royal Soc. Edinburgh, XXXII, 1887, p. 545-581, pl. CXLIV, CXLV); W. W. Watts and E. T. Newton, *Notes on some Rocks from the Solomon Islands* (Geol. Mag., new ser., dec. 4, III, 1896, p. 358-365; concerne des roches volcaniques de la Nouvelle-Géorgie); Judd, ibid., p. 30. Dumont-d'Urville avait déjà rapporté de la serpentine de l'Ile Ysabel.

2. Davidson considérait cette espèce comme identique avec une espèce vivante des Iles Fidji, la *Rhynchonella Grayii*, dont on ne connaît jusqu'à présent qu'un seul exemplaire; mais Guppy met en doute cette assimilation (*The Solomon Islands*, p. 82, 120; *Observations on the Recent Calcareous Formations of the Salomon Group*, p. 565). Il est probable que l'on a affaire à un calcaire mésozoïque.

[3. K. Sapper, *Eine Durchquerung von Bougainville* (Mitteil. aus den Deutsch. Schutzgeb., XXIII, 1910, p. 206-217, 8 fig., pl. 9 : cartes et coupe); le même, *Buka. Nach Aufnahmen von* Hauptm. G. Friederici *und* Berging. Schön *sowie eigenen Beobachtungen* (Ibid., p. 193-206, pl. 8 : cartes topogr. et géol.).]

4. F. von Hochstetter, *Reise S. M. F. Novara um die Erde. Geologischer Theil*, II. In-4°, Wien, 1866, p. 153.

5. D. Mawson, *The Geology of the New Hebrides* (Proc. Linnean Soc. New South Wales, XXX, 1905, p. 400-485, pl. XIV-XXIX, cartes). [Voir aussi F. Chapman, *On the Tertiary Limestones and Foraminiferal Tuffs of Malekula, New Hebrides* (Ibid., XXXII, 1908, p. 745-760, pl. XXXVII-XLI).] Dès l'été de 1901, une poignée de colons français entreprenants, venant de Vaté et d'autres îles des Nouvelles-Hébrides, avaient traversé Espiritu-Santo suivant deux itinéraires (Bolet. Soc. Geogr. Lisboa, 21ᵉ Sér., 1903, p. 389-392, carte).

îles principales n'ont pas été confirmées; de même, celle de la serpentine à Aneityum reste douteuse; mais il a été établi qu'une zone fortement redressée et plissée de calcaires tertiaires à Lépidocyclines traverse ces îles (fig. 235). Là encore, il n'y a aucun doute que des restes d'une chaîne plissée récente surgissent de l'Océan. Mawson admet un refoulement vers l'Ouest; mais comme cette conclusion ne repose que sur l'examen d'une coupe unique, dans le Sud-Ouest d'Espiritu-Santo, la question du sens du mouvement peut rester ouverte jusqu'à nouvel ordre.

La disposition d'ensemble évoque l'idée d'une virgation s'ouvrant vers le N.N.W. A partir du Sud, depuis l'Ile Hunter par Mathew,

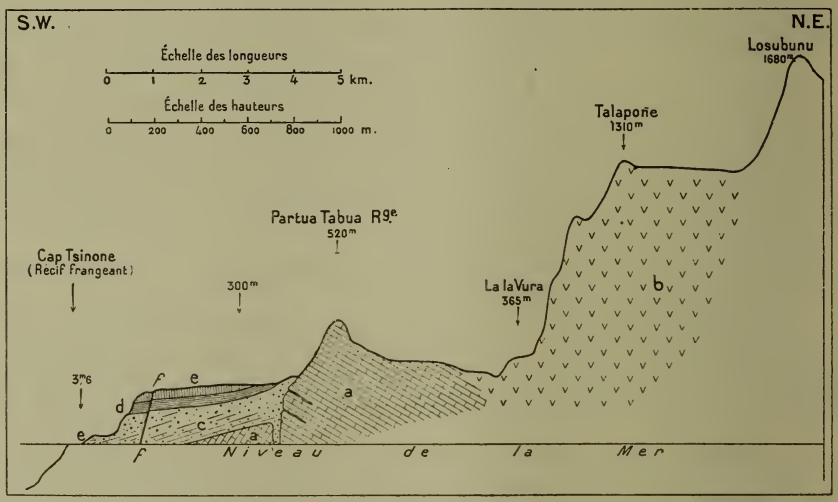


Fig. 235. — Coupe prise au Sud-Ouest d'Espiritu-Santo (Nouvelles-Hébrides), d'après D. Mawson (*Proc. Linnean Soc. New South Wales*, XXX, 1905, pl. XXV).

a. Miocène : Calcaires à Lépidocyclines et à *Lithothamnium*, et tufs; *b*. Série andésitique ancienne (Miocène supérieur); *c*. Série volcanique récente : coulées, tufs et agglomérats andésitiques; *d*. Couches fossilifères à grain fin (*soapstone*); *e*. Calcaires coralliens; *f*. Faille. — Échelle des longueurs 1 : 160 000; hauteurs 1 : 30 000.

Aneityum, Tanna, Erromango jusqu'à Efaté, on voit une longue rangée, simple, d'îles, que précèdent seulement, du côté de l'Est, quelques petits îlots volcaniques. Cette rangée, orientée N.N.W., se continue principalement par les deux grandes Iles de Malekula et Espiritu-Santo. Cette branche correspond à la chaîne plissée tertiaire. A partir d'Efaté, par Epi, Ambrym et les îles allongées d'Aragh-Aragh (Pentecôte) et d'Aurora, une seconde branche se dirige presque rigoureusement du Sud au Nord. Entre ces deux rameaux, exactement entre Espiritu-Santo et Aurora, s'intercale d'abord Aoba; et, plus au Nord, les îles de l'Archipel Torrès et de l'Archipel Banks viennent se placer,

de même, dans l'intervalle des directions prolongées des deux îles qu'on vient de citer; leur direction est intermédiaire entre N.N.W. et N. Les cartes de l'Amirauté Britannique figurent cette disposition d'une façon très nette.

D'après Mawson, les couches tertiaires d'Espiritu-Santo sont accompagnées d'intrusions andésitiques; celles-ci ont été suivies par un affaissement très étendu de tout l'Est, et, à la suite de l'affaissement, sont survenues des éruptions volcaniques qui ont amené au jour non plus des roches andésitiques, mais des roches basaltiques, et qui durent encore actuellement. Sur toute cette série, les calcaires coralliens récents se sont déposés comme un enduit. Ils sont disposés en

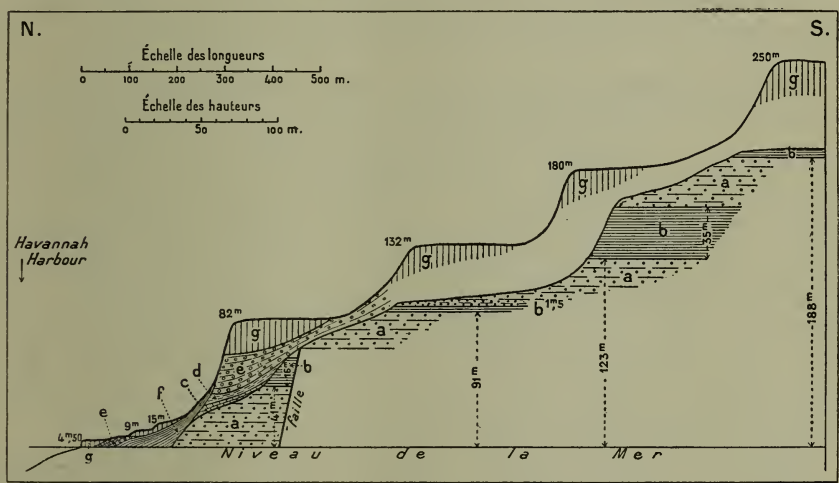


Fig. 236. — Terrasses coralliennes d'Efaté (Nouvelles-Hébrides). Coupe de Steep Gully, Havannah Harbour, d'après D. Mawson (*Proc. Linnean Soc. New South Wales*, XXX, 1905, pl. XXIV).

a. Tuf ponceux, généralement grossier; *b*. Tuf calcaire fin (*soapstone*); *c*. Dépôt détritique contenant des fragments vitreux et des fossiles marins (9 m.); *d*. Calcaire coquillier dur, avec Foraminifères (6 m.); *e*. Calcaire bréchoïde; *f*. Grès calcaire friable; *g*. Calcaires coralligènes plaqués contre les dépôts précédents. — Échelle des longueurs 1 : 15 000 environ; hauteurs triplées.

terrasses (fig. 236); mais dans l'Ouest les gradins atteignent 2 000 pieds (609 mètres), tandis que dans l'Est leur hauteur diminue d'une façon notable. Mawson en conclut que leur relèvement à l'Ouest est en rapport avec la continuation des mouvements orogéniques, et que la descente vers l'Est a été causée par un affaissement dirigé vers les centres d'éruptions récentes, basaltiques. En même temps, quelques petits soulèvements seraient dus directement aux volcans, en particulier à l'intrusion de filons-couches.

Purey-Cust a mis en lumière la signification et la continuité de cette zone volcanique. Indépendamment de nombreux restes de mon-

tagnes cratériformes, on peut citer, à partir du Nord : Tinakula (volcan actif, au Nord de Santa-Cruz); Vanikoro (cratère); Vanua Lava (sources bouillantes); Gaua (cratère, au Sud de Vanua Lava); Merlay (cratère, à l'Ouest de l'île précédente); Ambrym (grande éruption en 1874); Lopevi (volcan actif, 1 449 mètres d'alt., au Sud du précédent); Tongoa (sources chaudes, au Sud d'Api); Hinchinbrook (cratère, au Nord d'Efaté); Erromango (éruption sous-marine, dans le voisinage de la côte Est); Tanna (volcan actif); Mathew (volcan actif); et l'Ile Hunter [1].

On ne connaît pas d'avant-fosse à l'extérieur de cette ligne, qui s'étend sur 12 degrés de latitude. Elle divise nettement la grande région occidentale de l'arc australien en un arc intérieur (Iles Salomon et Nouvelles-Hébrides) et un arc extérieur (Carolines, Fidji), qui se rapprochent l'un de l'autre en allant vers la Nouvelle-Zélande.

Nouvelle-Calédonie (II, p. 261). — Nous avons décrit cette grande île comme un fragment d'une chaîne de montagnes orientée du N.W. au S.E.; on a vu qu'elle est constituée, au Nord-Ouest et dans une grande partie de l'Est, par des roches cristallines anciennes, dont la direction est en partie différente, et contre lesquelles vient s'appuyer, à l'Ouest et au Sud-Ouest, un ensemble de terrains sédimentaires qui comprend du Trias et une série de couches charbonneuses. Nous avons signalé en outre, dans le Sud-Est, une importante traînée de serpentines, d'âge inconnu, dont suit des lambeaux à travers toute la Nouvelle-Calédonie jusqu'à son extrémité Nord-Ouest, et aussi dans les îles qui prolongent la terre dans cette direction.

Depuis que cette première esquisse a été tracée, des progrès inattendus ont été réalisés. Les veines de houille, jadis rapportées au Lias, appartiennent au Crétacé. Pelatan a reconnu que ces couches crétacées sont recouvertes par les serpentines. Piroutet a fait une constatation identique, et Glasser a pensé que la couverture de serpentine et de péridotite, reconnue sur environ 520 kilomètres de longueur et 50 kilomètres de largeur, et dont l'épaisseur atteint jusqu'à 1 000 mètres, pouvait bien avoir été charriée par-dessus le terrain crétacé, suivant une surface à peu près plane [2].

1. H. E. Purey-Cust, *The Eruption of Ambrym Island, New Hebrides, South-West Pacific, 1894* (Geogr. Journ., VIII, 1896, p. 585-602, 10 fig. dont 1 carte); quelques-uns de ces volcans sont décrits par G. C. Frederick, *Geological Notes on certain Islands in the New Hebrides* (Quart. Journ. Geol. Soc., XLIX, 1893, p. 227-232; avec Appendice par J. J. H. Teall et G. J. Hinde). Pour les éruptions antérieures, voir Annalen d. Hydrogr., VI, 1878, p. 370-374.

2. Aug. Bernard, *L'Archipel de la Nouvelle-Calédonie*. Thèse. In-8°, xxiv-358 p., 2 cartes, 47 fig. Paris, 1894; la carte géologique de Pelatan est reproduite dans cet ouvrage. Sur la structure géologique de l'île, voir p. 54-96, et notamment p. 73, 80. Pelatan considère la serpentine comme une roche d'épanchement. Voir, en outre, M. Piroutet, *Note préliminaire sur la Géologie d'une partie de la Nouvelle-Calédonie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., III, 1903, p. 155-177, carte de la p. 159; en particulier p. 173 et suiv.); E. Glasser, *Rapport à M. le*

Mais les faits semblent permettre d'aller encore plus loin. Deprat et Piroutet ont montré que la série de couches qui suit la côte Sud-Ouest sur 150 kilomètres, à partir de Nouméa, est d'âge éocène et qu'elle plonge sous le Trias à *Monotis*. Cette dernière circonstance avait conduit jadis à attribuer aux couches en question un âge carbonifère, et une Nummulite qui y avait été recueillie (*Nummulites pristina*) avait été considérée comme un précurseur de ce genre de Foraminifères dans le terrain houiller. Aujourd'hui, on connaît une série d'espèces de ces couches qui indiquent de très grandes analogies avec l'Éocène des Iles de la Sonde [1].

Sur cet Éocène reposent, dans l'intérieur de l'île, du Trias [2], du Lias, un peu de Jurassique, du Crétacé, puis les serpentines. On considère ces termes comme charriés, et on suppose que les roches cristallines de la côte Est et du Nord-Ouest appartiennent à une seconde écaille. Les couches mésozoïques, à ce qu'il semble, se redressent au contact de ces roches cristallines et se renversent vers le Sud-Ouest.

Ce dernier point serait décisif pour que l'on puisse déterminer la direction du mouvement. Si les données des savants qui viennent d'être cités se confirment, le mouvement serait dirigé vers le Sud-Ouest, comme l'a admis Glasser. De plus, la puissante assise de serpentine se trouve à la limite de deux nappes de recouvrement, et dès lors, comme on le montrera plus loin, le mouvement correspondrait vraisemblablement au plissement à rebours du bord concave de l'arc interne d'une virgation. A ces conclusions un peu hasardées, on peut opposer toutefois le fait que de gros paquets de serpentine sont disséminés à la surface des roches cristallines anciennes, comme par exemple au Mont Tchingou. Aussi, laissant à l'avenir le soin de préciser les détails, nous contenterons-nous provisoirement de constater qu'en plein Océan Pacifique, on peut reconnaître des mouvements tectoniques qui ne le cèdent en rien comme ampleur à ceux des Alpes.

Il est remarquable que Kilian et Piroutet aient signalé en Nouvelle-Calédonie les genres *Holcostephanus* et *Virgatites*, jusqu'ici considérés comme des formes boréales [3]. Le genre *Virgatites* reparaît en outre

Ministre des Colonies sur les Richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie (Annales des Mines, 10e sér., IV, Mém., 1903, p. 299-392, 397-536, pl. XI-XIII; et V, p. 29-154, 503-701, pl. I, II, XII; en particulier IV, p. 352 et suiv.); Michel Lévy, C. R. Acad. Sc., CXXXIX, 1904, 2e sem., p. 716.

1. J. Deprat et M. Piroutet, *Sur l'existence et la situation tectonique anormale de dépôts éocènes en Nouvelle-Calédonie* (C. R. Acad. Sc., CXL, 1905, 1er sem., p. 158-160); J. Deprat, *Les dépôts éocènes néo-calédoniens. Leur analogie avec ceux de la région de la Sonde* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., V, 1905, p. 485-516, pl. XVI-XIX).

[2. Voir M. Piroutet, *Note sommaire sur le Trias de la Nouvelle-Calédonie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., VIII, 1908, p. 324-329).]

3. W. Kilian et M. Piroutet, *Sur les fossiles éocrétaciques de la Nouvelle-Calédonie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., V, 1905, p. 113-114).

dans les Andes de l'Amérique du Sud; il semble, d'après cela, que l'étonnante extension de ces formes arctiques vers le Sud, constatée le long de la côte Ouest de l'Amérique, se soit également fait sentir jusqu'au centre de l'Océan Pacifique[1].

Deuxième arc australien. — A partir de Yap, vers l'Est et le Sud-Est, sur tout le long espace qui sépare cette île des Fidji, il n'y a ni roches anciennes, ni altitudes quelque peu notables. Plus l'on s'avance vers l'Océan, et plus les socles et les soubassements antérieurs aux formations actuelles disparaissent. Les Iles *Marshall* (Radack et Ralick)[2], *Gilbert* et *Ellice* ne sont que des atolls; il en est de même pour la partie de beaucoup la plus importante des *Carolines*. Il faut citer, dans cet archipel, le groupe des Iles Truk, Ponape et Kusaie, qui sont volcaniques; des calcaires en terrasses, peut-être tertiaires, constituent Feys (Tromelin, dans l'Ouest des Carolines) et quelques îles de l'Archipel Oroluk (32 m., Carolines Centrales), puis, à l'Ouest des Gilbert, les îles isolées de Nauru (environ 80 m.) et de Paanopa (67 m.).

La disposition divergente de *Iles Radack*, *Ralick* et des Carolines est visible sur la carte; à une échelle plus grande, on remarque comment, en particulier dans l'Archipel des Gilbert, les atolls principaux s'allongent démesurément dans le sens de la direction maîtresse. Les Carolines semblent formées de plusieurs zones parallèles, séparées par d'assez grandes profondeurs. Ces circonstances font présumer que, là aussi, des chaînes de montagnes plissées constituent le socle profond[3].

Toutes ces îles, d'ailleurs, ne fournissent guère pour le but que nous poursuivons ici, autre chose que les longues courbes de leurs alignements.

Les Iles *Fidji* sont comprises entre l'alignement volcanique des Nouvelles-Hébrides et celui des Iles Tonga. Leur portion orientale, les Iles *Lau*, forment une longue zone, dirigée presque exactement N.-S., d'îles basses coralliennes. Vers l'Ouest, des rochers volcaniques sur-

[1. Voir W. Kilian, *Sur des fossiles de Nouvelle-Calédonie recueillis par M. Maurice Léenhardt* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., IX, 1909, p. 5) : Inocérames, Bivalve et Ammonite (*Kossmaticeras*) du type indo-pacifique du Sénonien.]

[2. Voir Dr. Schnee, *Einige Bemerkungen über den Bau des Jaluit-Atolls* (Zeitschr. f. Naturwiss., LXXIV, 1901, p. 58-64); et *Zur Geologie des Jaluit-Atolls* (Globus, LXXXV, 1904, p. 329); F. Hernsheim, *Nauru, eine gehobene Koralleninsel der Marshall-Gruppe* (Mitteil. Geogr. Gesellsch. Hamburg, XIX, 1903, p. 211-215); Kapitän C. Jeschke, *Bericht über die Marshall-Inseln* (Petermanns Mitteil., LII, 1906, p. 270-277; carte à 1 : 2 000 000, ibid., LI, 1905, pl. 20 et p. 248-249).]

3. A. Kirchhoff, *Umrisse zu einer Landeskunde der Carolinen* (Hettner, Geogr. Zeitschr., V, 1899, p. 545-562); Aug. Krämer, *Nauru* (Globus, LXXIV, 1898, p. 153-158, 3 fig.; et ailleurs). F. W. Christian, *Exploration in the Caroline Islands* (Geogr. Journ., XIII, 1899, p. 105-136, carte p. 224; et Scottish Geogr. Mag., XV, 1899, p. 169-178); M. Friedrichsen, *Die Carolinen* (Mittheil. Geogr. Gesellsch. Hamburg, XVII, 1901, p. 1-27; et ailleurs).

gissent dans quelques-unes d'entre elles; des cratères isolés s'y montrent également, par exemple Thombia dans les Iles Ringgold, et Totoya. Plus loin encore, à l'Ouest et au Nord-Ouest, les rochers deviennent plus nombreux et les îles plus grandes, jusqu'à ce qu'on atteigne les deux grandes Iles de Viti Levu et de Vanua Levu.

Kleinschmidt a exploré en 1876 une portion importante de *Viti Levu*. D'après ses collections, A. Wichmann a pu montrer la présence de roches anciennes dans ces îles[1]. A peu près à la même époque, Tenison-Woods faisait connaître l'existence de fossiles tertiaires sur ce point (II, p. 265). Une seconde série de recherches commence avec la visite que fit aux Fidji Alex. Agassiz, en 1897-1898; il en rapporta une excellente vue d'ensemble sur les petites îles et les formations coralliennes récentes, et la découverte de calcaires plus anciens, redressés, dans le Sud-Ouest de Viti Levu. C. Andrews a étudié ces calcaires d'une façon très complète[2]. En 1903, Woolnough a

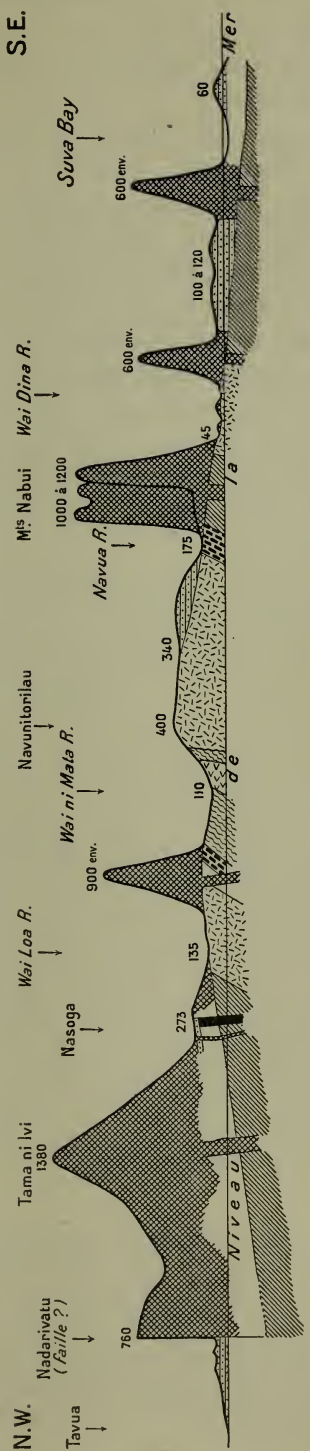


Fig. 237. — Coupe à travers Viti Levu (Iles Fidji), d'après W. G. Woolnough (*Proc. Linnean Soc. New South Wales*, XXVIII, 1903, pl. XXXIV).
Terrains anté-tertiaires, probablement paléozoïques : 1. Schistes ardoisiers et quartzites; 2. Tufs anciens; 3. Granite; 4. Diorite quartzifère; 5. Terrains anciens non différenciés. — Terrains tertiaires : 6. Basaltes; 7. Andésites; 8. Tufs fossilifères à grain fin (*soapstone*) et conglomérats. — Échelle des longueurs 1 : 650 000 environ; hauteurs exagérées 10 fois.

1. Th. Kleinschmidt's *Reisen auf den Viti-Inseln* (Journ. des Museums Godeffroy, Hamburg, XIV, 1879, p. 259-283); A. Wichmann, *Ein Beitrag zur Petrographie der Viti-Archipels* (Tschermak's Mineralog. u. Petrogr. Mittheil., V, 1883, p. 2-60). [Voir aussi A. S. Eakle, *Petrographical Notes on some Rocks from the Fiji Islands* (Proc. American Acad. Arts and Sc., XXXIV, n° 21, 1899, p. 579-594).]

2. A. Agassiz, *The Islands and Coral*

pu faire paraître le premier essai de carte géologique de Viti Levu, que suivit, en 1907, après un nouveau et assez long séjour, une description détaillée[1].

Viti Levu apparaît comme une île montagneuse, aux contours irrégulièrement elliptiques, mesurant 150 kilomètres de longueur sur 112 de largeur. Des masses de tufs horizontaux, talqueux ou soyeux au toucher (*soapstone*), recouvrent la plus grande partie de l'île. Ils sont en relation avec des laves limburgitiques et constituent, associés à ces roches, le sommet le plus élevé, Tama-na-ivi (1 387 m.). Ces tufs contiennent des coquilles marines mal conservées; des bancs de calcaires tertiaires sont interstratifiés dans leur épaisseur (fig. 237).

Le terme qui vient ensuite, par ordre d'ancienneté relatif, est une roche qui avait d'abord été prise pour un schiste ancien; mais, Woolnough a montré que c'était un tuf trachytique, laminé sous l'influence de la pression. Sa direction est N.N.E. Il est recouvert en discordance par des laves.

Un peu au Sud-Est du centre de l'île s'élève une croupe assez imposante, le Medrausucu, et à l'Ouest de ce massif vient un haut plateau granitique, limité par deux failles qui s'orientent W.N.W; c'est probablement un horst. Le granite est souvent visible, d'ailleurs, dans le lit des ruisseaux, et ses affleurements, joints à ceux des autres roches anciennes, recouvrent une superficie qui est évaluée à 64 sur 32 kilomètres environ.

Dans le Sud-Ouest de l'île, on trouve des calcaires plus anciens, et aussi de la dolomie, d'après Andrews; ils sont durs, d'un jaune bleuâtre, et plongent à 50°. Woolnough les compare à des cailloux roulés provenant de Guadalcanar et d'Ysabel. Ces calcaires sont recouverts par d'autres calcaires en bancs épais, régulièrement stratifiés, contenant des coquilles, et dont l'inclinaison ne dépasse pas 15°. Ces calcaires réapparaissent dans le substratum du grand atoll de Vanua Mbalavu, dans les Iles Lau. Ils sont probablement identiques à ceux que Dall a fait connaître comme d'âge tertiaire moyen ou supérieur[2].

Le calcaire de la côte Sud-Est, avec ses grandes dents de *Carcharodon*, est encore plus récent; il alterne avec des tufs.

Reefs of Fiji (Bull. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXXIII, 1899, 167 p., 120 pl. dont 25 cartes); E. C. Andrews, *Notes on the Limestones and general Geology of the Fiji Islands with special Reference to the Lau Group, based upon Surveys made for* Alexander Agassiz (Ibid., XXXVIII, Geol. Ser., V, n° 1, 1900, p. 1-50, pl. I-XXXIX, dont 1 carte).

1. W. G. Woolnough, *The Continental Origin of Fiji* (Proc. Linnean Soc. New South Wales, XXVIII, 1903, p. 457-496 et 500-540, pl. XXII-XXXVI, dont 1 carte); et *A Contribution to the Geology of Viti Levu, Fiji* (Ibid., XXXII, 1907, p. 431-474, pl. XI-XV, dont 1 carte).

2. Alex. Agassiz, *The Tertiary elevated Limestone Reefs of Fiji* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., V, 1898, p. 165-167).

Dans l'ensemble, il me paraît qu'ici l'existence d'une chaîne plissée n'est pas encore établie avec une absolue certitude. La partie médiane, granitique, de Viti Levu pourrait appartenir à un massif ancien faisant saillie au milieu des chaînons plissés, comme dans le Sud de Bornéo.

Vanua Levu a été l'objet d'une monographie de Guppy[1]. Cette île a 157 kilomètres de longueur et seulement 30 de diamètre en moyenne; elle est allongée vers l'E.N.E. Elle repose sur un socle sous-marin de basalte, qui existe également au large de Viti Levu, et elle est formée par la réunion d'un grand nombre de sommets volcaniques, dont quelques-uns atteignent 1 000 mètres. Dans le Sud s'élève le large massif du Seatura (798 mètres), construit à la manière du Mauna Loa. Le Sud et le Centre de l'île sont constitués par des roches basiques; ce n'est que çà et là qu'apparaissent, dans les intervalles, des mamelons de roches acides. En revanche, ces dernières occupent le Nord; là se trouve, dans la Presqu'île d'Undu, dirigée N.E., une chaîne de hauteurs formée, sur 22 kilomètres, de ponces et de cendres; on y voit des filons de porphyre quartzifère et de trachyte à oligoclase, ainsi que des cheminées d'explosion, mais pas de cratères.

Il y a beaucoup de sources chaudes.

Troisième arc australien et coup d'œil général. — Les segments principaux de cet arc, les Iles Tonga, les Kermadec et le chaînon du Ruahine en Nouvelle-Zélande, ainsi que leur ligne de volcans et l'avant-fosse qui les borde à l'Est, ont déjà été étudiés plus haut. Il y a lieu maintenant de compléter ce qui a été dit, dans un chapitre antérieur, sur la *Nouvelle-Zélande* (II, p. 236) par quelques détails relatifs à la constitution de la presqu'île du Nord-Ouest[2].

Le tracé en arc de cercle de la côte Ouest de la Nouvelle-Zélande a été décrit comme étant déterminé par des flèches littorales récentes. La presqu'île elle-même serait constituée par des affleurements isolés de roches paléozoïques, reliés les uns aux autres par des laves et des sédiments récents; sa direction ne coïnciderait pas, par conséquent,

1. H. B. Guppy, *Observations of a Naturalist in the Pacific between 1896 and 1899, I. Vanua Levu, Fiji. A Description of its leading Physical and Geological Characters.* In-8°, xx-392 p., cartes, London, 1903.

[2. Sur la géologie du Nord-Ouest de la Nouvelle-Zélande, et en particulier sur les roches éruptives très variées qu'on y rencontre, voir P. Marshall, *Distribution of the Igneous Rocks of New Zealand* (Rept. Australas. Assoc. Adv. Sc., XI, Adelaide, 1907, p. 366-376, 1 carte h. t.); P. Marshall, *Geology of Centre and North of North Island* (Trans. New. Zealand Inst., XL, 1908, p. 79-98, pl. XIII : carte géol.); J. M. Bell and E. de C. Clarke, *A Geological Reconnaissance of Northernmost New Zealand* (Ibid., XLII, 1909, p. 613-624, pl. LII-LVII, dont 1 carte géol.).]

avec celle des couches, et la bande de Ruahine, orientée N.E., représenterait la seule chaîne de plissement continue.

Ces affleurements paléozoïques, isolés et peu saillants, contiennent des filons de quartz aurifères, qui ont provoqué des études détaillées. En particulier, les données de Cox montrent que, aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest du Golfe de Hauraki, les couches se dirigent vers le Nord, en déviant quelquefois vers le N.W., beaucoup plus rarement vers le N.E. C. Fraser et J. H. Adams ont constaté le même fait dans l'Est, à Coromandel[1]. Cette direction N.-S. ne correspond ni à celle de Ruahine, ni à celle de la Presqu'île Nord-Ouest, mais elle rend vraisemblable l'hypothèse qu'une bifurcation s'y prépare. De fait, dans l'Ouest, sur le bord Sud du port de Kawhia (au Sud de 38° de lat. S.), un anticlinal de couches mésozoïques s'élève au-dessus de la mer en affectant la direction N.N.W.[2]. —

Pour arriver maintenant à une vue d'ensemble, il faut d'abord relever les traits les plus saillants du tableau; ceux-ci une fois placés, nous pourrons ensuite rechercher les traits qui sont moins nets.

La limite occidentale est fournie par les grandes avant-fosses, de Guam jusqu'au point où se détache la fosse des Philippines, près des Iles Talaoet. De même, la limite orientale est marquée par des volcans et par l'avant-fosse qui court à l'Est des Iles Tonga, des Kermadec et de la Nouvelle-Zélande; par suite, les Samoa restent en dehors. Un autre alignement volcanique particulièrement continu s'étend à l'Est des Nouvelles-Hébrides. La Nouvelle-Guinée, avec l'Archipel d'Entrecasteaux et celui de la Louisiade, forme une unité. Le Nouveau-Mecklembourg, les Iles Salomon, les Nouvelles-Hébrides forment une autre unité, affectant l'allure d'un arc tournant sa convexité vers le N.E.

Tous les arcs et fragments d'arcs sont disposés de telle façon qu'ils tendent, en dedans de la ligne des Kermadec, à rejoindre la bifurcation du Nord de la Nouvelle-Zélande.

Ainsi, le plan prend la forme d'une virgation, partant de la Nouvelle-Zélande et s'ouvrant vers le Nord-Ouest et l'Ouest. Des virgations secondaires s'ouvrent dans les Nouvelles-Hébrides, entre

1. S. H. Cox, *Geology of the Rodney and Marsden Counties* (New Zealand, Rept. Geol. Explor. 1879-80, p. 13-39, carte, en particulier p. 23); le même, *Gold Fields of the Cape Colville Peninsula* (Ibid., 1882, p. 4-51, 3 cartes h. t., nombreuses coupes; en particulier p. 6, 11, 13, etc.); C. Fraser and J. H. Adams, *The Geology of the Coromandel Subdivision, Hauraki, Auckland* (New Zealand Geol. Survey, Bull. n° 4, 1907, 154 p., 32 pl., 2 pl. coupes, 11 cartes et plans; en particulier p. 26).

2. A. Mc Kay, *On the Geology of the Kawhia District. Preliminary Report* (New Zealand, Rept. Geol. Explor. 1883-84, p. 140-148, 1 carte. géol.). Dans le terrain crétacé du haut Waipa (à l'Est de Kawhia), on trouve des blocs de granite et de gneiss, bien que ces roches ne soient connues en place sur aucun point de l'île du Nord; J. Park, *On the Occurrence of Granite and Gneissic Rocks in the King-country* (Trans. New Zealand Inst., XXV, 1892, p. 353-362).

Fig. 238. — Profondeurs du Pacifique Sud-Occidental, d'après P. Marshall (*Trans. Australasian Assoc. Adv. Sc.*, XII, Brisbane, 1909).

1. Cuvette de Thomson; 2. Plateau de la Nouvelle-Zélande; 3. Plateau de la Nouvelle-Calédonie; 4. Sillon de la Nouvelle-Calédonie; 5. Socle de l'Ile Norfolk; 6. Bassin de la « *Gazelle* »; 7. Plateau des Fidji; 8. Crête des Tonga-Kermadec; 9. Fosse des Tonga; 10. Fosse des Kermadec. — Échelle de 1 : 40 000 000.

Efaté et Espiritu-Santo, d'une part, et Aurora, de l'autre; un étoilement encore plus étendu, partant des Iles Ellice et Gilbert, embrasse, de même, tout l'espace compris entre les Iles Radack et Ralick, d'une part, et les Carolines, de l'autre.

Peut-être se produit-il un reploiement en arrière, du côté de la limite asiatique.

A côté de ces résultats, de nombreux points de doute subsistent.

Le premier est relatif à la question de savoir si la Cordillère australienne, avec les failles récentes qui longent la côte orientale, doit être considérée comme un arc intérieur. Dans ce cas, toute la structure serait disposée concentriquement autour d'un faîte ancien. Mais la façon dont cette Cordillère traverse le Détroit de Torrès ne correspond guère à cette manière de voir. On pourrait imaginer l'hypothèse qu'une compensation se produit dans la chaîne principale de la Nouvelle-Guinée, grâce à une direction oblique, ou qu'il existe une seconde coulisse, passant par exemple par Chesterfield, Kelso et l'Ile de Lord Howe, et s'appuyer sur les données de la Zoogéographie; mais il est prudent, provisoirement du moins, de ne pas entrer dans une pareille voie.

Le second point de doute est relatif à la direction de la chaîne volcanique de la Nouvelle-Poméranie, et le troisième à l'allure des couches en Nouvelle-Calédonie. Une autre question se pose, en Nouvelle-Guinée, au sujet des rapports entre la chaîne des Monts Charles-Louis et la bande des Moresbybeds, dans le Sud de l'île, rapports qui sont complètement inconnus, etc. L'on espère résoudre d'anciens problèmes, et les tâches nouvelles deviennent de plus en plus nombreuses.

Nous n'insisterons pas, pour le moment, sur l'apparition fréquente du groupe des roches vertes dans un très grand nombre des îles dont il vient d'être question.

Polynésie. — En contraste absolu avec les Iles Marquises se trouve la chaîne des *Iles Basses* ou *Tuamotu* (Pomotou), longue de plus de 1 500 kilomètres, orientée vers le N.W. et qui est constituée par des atolls. Agassiz y a cherché des arguments particulièrement frappants en faveur de l'hypothèse d'après laquelle les atolls ne seraient que le couronnement de crêtes et de sommets coupés au niveau de la mer, et constitués, dans le cas actuel, par des calcaires tertiaires; c'est-à-dire que ces formations reposeraient sans intermédiaire sur un socle arasé. Nous empruntons à sa description ce qui suit[1].

La partie occidentale de ce vaste archipel a pour soubassement

1. Alex. Agassiz, *The Coral Reefs of the Tropical Pacific*, 1903, p. 7-134, cartes 201-207. Voir aussi G. Friederici, *Ein Beitrag zur Kenntniss der Tuamotu-Inseln* (Mitteil. des Vereins f. Erdkunde zu Leipzig, 1910, p. 97-176, pl. I, II : cartes, 3 phot.).

un plateau élevé, qui se maintient dans toute son étendue à — 1400 ou 1500 mètres. Vers le Sud-Est, notamment à partir de 140° 30′, les profondeurs augmentent; elles dépassent bientôt 4 000 mètres; en même temps, les îles deviennent plus petites, plus rares et enfin disparaissent. Un certain nombre d'atolls ont jusqu'à 70 kilomètres de longueur, et du même coup s'alignent avec une préférence marquée vers le N.W. Il en résulte que tout l'archipel acquiert une direction très nette dans ce sens. Mais au Nord de cette rangée principale, orientée N.W.-S.E., s'introduisent, de place en place, des atolls dont la direction est différente, N.E., et qui se détachent de la chaîne maîtresse comme des éperons. Tels sont Ahé et Manihi (146°), Takapoto et Takaroa (145°), puis Raroia (Barclay de Tolly) et Takumé (Wolchonsky) — ces deux derniers (142° 15′) ayant ensemble une longueur de 60 kilomètres —, Amanu (140° 45′) et quelques autres atolls plus petits.

Cette disposition spéciale, mise en évidence par Agassiz, est nettement visible sur les cartes à grande échelle; elle conduit à penser que la chaîne principale des Tuamotu, continue et légèrement incurvée, représente en réalité, dans l'Est de la Polynésie, *le bord oriental externe* d'un nouveau système d'arcs, dont ces fragments si peu étendus seraient les seuls débris visibles. *Les atolls à direction N.E. indiqueraient alors l'amorce d'un troisième système d'arcs.*

Ce troisième système d'arcs peut prendre le nom du plus grand de ces atolls, *Raroia*; on n'en connaît d'ailleurs que cette série de traces, et tout prolongement ultérieur reste hypothétique. L'hypothèse repose sur cette supposition qu'il y aurait, là aussi, un recoupement des arcs, c'est-à-dire que cette portion de la Polynésie serait bâtie sur le même plan que les guirlandes insulaires de l'Asie Orientale. La limite passerait par des points dont les coordonnées sont les suivantes : 14° 45′ et 146° 30′, 16° 25′ et 142° 30′, 18° et 140° 55′. —

Sous le grand atoll de Rangiroa, dans la partie Nord-Ouest de l'Archipel Tuamotu, Agassiz signale un liséré de calcaire tertiaire, de 4 mètres à 4 m. 50 de hauteur. Ce serait une portion restée visible du socle; il se montre jusqu'à une altitude un peu plus grande à Niau; dans d'autres atolls, sa présence se révèle par des débris roulés dans le récif. Effectivement, vers le bord Sud-Ouest des Tuamotu, apparaissent ensuite quelques îles calcaires plus élevées, avec terrasses, comme Makatea (Metia, d'après Dana; II, p. 534), qui a 70 mètres de haut et où des fossiles tertiaires, analogues à ceux de Viti Levu, ont été signalés; plus au Sud-Est se trouve l'Ile Henderson, dont les calcaires pourraient bien être mésozoïques (II, p. 532).

Ces îles calcaires relativement élevées, Makatea, Niau et Henderson, occupent le bord Sud-Ouest (interne) de la chaîne principale des Tuamotu.

Les hautes Iles de *Tahiti* ou *de la Société* sont séparées des Tuamotu par un bras de mer large de plus de 200 kilomètres et profond de plus de 4 300 mètres. Tandis que les Tuamotu s'élèvent à peine au-dessus du niveau de la mer, l'île principale de Tahiti atteint 2 237 mètres, et plusieurs des îles voisines dépassent 1 000 mètres. Elles sont exclusivement d'origine volcanique [1]. En dépit de ces différences, leur parallélisme avec les Tuamotu est si frappant qu'à plusieurs reprises, on a suggéré qu'il devait y avoir une relation quelconque entre les deux chaînes d'îles, pourtant si complètement dissemblables. Elles se trouvent en dedans de la courbe des Tuamotu calcaires, à peu près de la même façon qu'aux Iles Tonga, la rangée volcanique de l'Ouest se trouve à l'intérieur des tables calcaires de l'Est. Elles se terminent vers 152° 30′. Mehetia, par 149° environ, est encore un cratère; puis vient dans la même direction, vers le S.E., une grande lacune, avec des profondeurs de plus de 4 400 mètres; et à Hereheretué (Saint-Paul, 145°), où l'on pourrait en chercher le prolongement, commence une série d'atolls interrompus encore une fois par des profondeurs à peu près aussi grandes, et formant ensuite le groupe des *Iles du Duc de Gloucester*. Cet archipel a un substratum calcaire, mais il se trouve vis-à-vis des Tuamotu dans la même situation que Tahiti. C'est une croupe étroite, entourée de profondeurs de plus de 4 000 mètres.

Une plus longue énumération des îles qui s'étendent au Sud-Est, comme les Iles Gambier, celle des divers volcans de l'Archipel Cook [2] et des nombreux atolls voisins ne serait guère fructueuse, car on n'en aperçoit pas les relations mutuelles.

Les Iles *Samoa* ou des Navigateurs [3] ont une direction W.N.W., correspondant à la courbure du prolongement de l'arc des Tuamotu et de

[1. Dans ces derniers temps, nos connaissances sur les roches éruptives de Tahiti ont été complètement renouvelées par A. Lacroix, qui y a décrit, à côté de la série volcanique normale, une grande variété de types pétrographiques à structure grenue et de nature alcaline : A. Lacroix, *Les roches à néphéline de Tahiti* (C. R. Acad. Sc., CXXXIX, 1904, 2e sem., p. 953-956); *Les roches alcalines de Tahiti* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., X, 1910, p. 91-124, 1 carte dans le texte); *Conséquences générales à tirer de l'étude de la constitution pétrographique de Tahiti* (C. R. Acad. Sc., CLI, 1910, 2e sem., p. 121-126). Cette importante découverte montre combien la prétendue localisation des deux grandes familles de roches au domaine *pacifique*, d'un côté, et au domaine *atlantique*, de l'autre, est illusoire. M. Lacroix a également fait ressortir les conséquences qu'elle comporte quant à l'existence antérieure d'un continent sur l'emplacement d'une partie de l'Océan Pacifique; consulter en outre, à ce sujet, le travail de H. Höfer, *Das polynesische alteozäne Festland* (Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien., Mathem.-naturwiss. Kl., CXVII, Abt. 1, 1908, p. 513-518), et le *Traité de Géologie* d'Em. Haug. In-8°, Paris, 1907-1911, t. I, p. 169-170; II, p. 321, 1115, 1561.]

[2. P. Marshall, *Geology of Rarotonga and Aitutaki* (Trans. New Zealand Inst., XLI, 1908, p. 98-100, pl. III-IV); *Note on the Geology of Mangaia* (Ibid., XLII, 1909, p. 333).]

[3. Sur la géologie de cet archipel, voir Imm. Friedländer, *Beiträge zur Geologie der Samoainseln* (Abhandl. Mathem.-phys. Kl. K. Bayer. Akad. Wiss., München, XXIV, 3. Abt., 1910, p. 507-541, 6 pl. phot., 2 cartes); M. Weber, *Zur Petrographie der Samoa-Inseln* (Ibid., XXIV, 2. Abt., 1909, p. 289-310).]

Tahiti. Dana a reconnu que, sur la ligne des Iles Samoa, l'activité volcanique s'est déplacée de l'Est à l'Ouest[1], résultat que tous les observateurs plus récents ont confirmé. A l'Est, les traces de cratères ont complètement disparu; dans le centre de l'archipel, à Upolu, on les voit former une longue chaîne, parallèle à la direction générale du groupe. Savaii, la grande île du Nord-Ouest, renferme des bouches d'éruption tout à fait récentes.

Le 29 octobre 1902 a commencé à Savaii une éruption qui a duré longtemps; mais son emplacement ne coïncide pas avec l'extrémité Nord-Ouest de la série, et, par suite, l'éruption a été considérée comme un recul[2]. D'ailleurs, on possède également des données sur une éruption sous-marine qui se serait produite en 1866, à l'extrémité Sud-Est, dans l'Archipel Manua.

Si nous avons bien interprété les relations des Tuamotu et de la ligne des Kermadec, l'arc polynésien serait recoupé, dans ces parages, par l'arc australien.

Iles Hawaii. — Au milieu de l'Océan Pacifique, et cela par des profondeurs de 4 300 à 5 000 mètres, s'élève une rangée d'îles extraordinairement longue, s'alignant de 180° environ à 155° de long. W. suivant la direction W.N.W.-E.S.E. A l'Ouest-Nord-Ouest, ces îles sont petites et basses, et en partie bordées de falaises sous-marines extraordinairement abruptes[3]. Vers l'Est-Sud-Est, sous la couverture calcaire, le substratum volcanique prend une importance croissante; les îles augmentent en étendue et en altitude jusqu'à la plus grande, Hawaii, qui termine la série, et où les puissants volcans du Mauna Kea et du Mauna Loa, avec leur large base, dominent de plus de 4 000 mètres le niveau de l'Océan.

Le lac de lave ardente du Kilauea, situé entre ces deux géants, et

1. J. D. Dana, *A dissected Volcanic Mountain, some of its revelations* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., XXXII, 1886, p. 247-255, 4 fig.).

2. G. Wegener, *Die vulkanischen Ausbrüche auf Sawaii* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, 1903, p. 208-219); Reinecke, Petermanns Mittheil., LII, 1906, p. 86-88; K. Sapper, *Der Matavanu-Ausbruch auf Savaii 1905-06* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., 1906, p. 686-709 pl. 10 : carte): Jensen suppose que les lignes volcaniques des Tonga et des Samoa se recoupent (voir ci-dessus, p. 1024, note 1). [Sur les dernières éruptions de Savaii, consulter : K. Sapper, *Neuere Mitteilungen über den Matavanu-Ausbruch auf Savaii* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, 1909, p. 501-539, Abb. 56, 57), et *Nachrichten über den Ausbruch des Matavanu aus den Jahren 1909 und 1910* (Ibid., 1911, p. 172-180); *Nachklänge zum Matavanu-Ausbruch* (Ibid., 1912, p. 445-451); Tempest Anderson, *The Volcano of Matavanu in Savaii* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LXVI, 1910, p. 621-639, pl. XLV-LII : phot., 1 carte dans le texte). Pour la topographie du volcan, voir K. Wegener, *Die Karte von Savaii* (Petermanns Mitteil., LVI, 1910, I, p. 203, pl. 37).]

3. Au Sud-Ouest de l'Ile Midway, un récif sous-marin s'abaisse de 2 320 m. (de — 149 à — 2 469) sur une distance de 3 330 m. environ; James M. Flint, *A Contribution to the Oceanography of the Pacific*, 1905, p. 5.

le lac analogue qui occupe le sommet du Mauna Loa ont tellement absorbé l'attention des visiteurs, que l'on n'a parlé qu'assez rarement de la distribution particulière des volcans dans l'espace.

J. D. Dana l'avait remarquée avec sa perspicacité ordinaire, dès son premier voyage[1]. Dana pense qu'une zone volcanique partant de Kauai (22° de lat. N.) se sépare à Oahu en deux lignes légèrement divergentes : l'une passe par l'Est de Molokai et Maui, et aboutit aux volcans Kohala et Kea, à Hawaii; l'autre, plus méridionale, part de l'Ouest de Molokai, passe à Lanai et Kahoolawe et atteint Hawaii, où les volcans Hualalai et Loa lui appartiennent. A quel alignement appartient le Kilauea? Ce point restait douteux; finalement Dana l'a attribué à la ligne septentrionale. En même temps, il faisait remarquer que les volcans situés à l'W.N.W. sont plus anciens et plus dégradés, et que ceux de la région médiane, comme à Maui, sont mieux conservés; mais seuls, ceux qui se trouvent à l'extrémité de la série sont encore actifs. Ceux-ci se trouvent exclusivement dans l'Ile d'Hawaii; on peut citer, en particulier, le Hualalai, qui a eu encore de petites éruptions latérales en 1805 et en 1811, mais qui sommeille depuis cette date, et les deux volcans du Loa et du Kilauea, qui sont encore en pleine activité.

Ces faits indiquent *un déplacement général de l'activité volcanique vers l'E.S.E.* Il n'y a pas réunion en un arc unique comme dans les Aléoutiennes, ou déplacement suivant des lignes transversales comme dans l'Amérique Centrale, mais allongement d'une ligne déterminée où persistance plus longue à l'une des extrémités de cette ligne ou de cette paire de lignes.

Dès 1888, lorsque le volcan de Savaii passait encore pour éteint, d'ailleurs, le même savant éminent attirait mon attention, dans une longue lettre, sur ce fait que, là aussi, le volcan le plus important se trouvait à l'extrémité de la chaîne insulaire.

Nous venons de voir que l'éruption sous-marine signalée en 1866 au Sud-Est des Samoa était en contradiction avec l'hypothèse d'un déplacement unilatéral. Il existe de même, dans l'Archipel des Hawaii, un certain nombre de petits cratères secondaires situés dans les îles moyennes, qui ne cadrent pas avec l'idée de Dana. Hitchcock a décrit des cratères annexes, bien conservés et évidemment modernes, le long de la côte Sud d'Oahu[2]. Le plus connu est Diamond Head (Leahi),

1. J. D. Dana, *History of the Changes in the Mt Loa Craters* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., XXXVI, 1888, p. 167-172, 2 cartes). [Voir aussi l'ouvrage de C. H. Hitchcock, *Hawaii and its Volcanoes*. In-8°, cartes et phot., Honolulu, 1909; et le beau volume de William T. Brigham, *The Volcanoes of Kilauea and Mauna Loa on the Island of Hawaii. Their variously recorded History to the present Time*. In-4°, VII-222 p., 143 fig., 28 pl. Honolulu, 1909.]

2. C. H. Hitchcock, *Geology of Oahu* (Bull. Geol. Soc. of America, XI, 1900, p. 15-57, pl. 1-8, dont 1 carte); et W. H. Dall, *Notes on the Tertiary Geology of Oahu* (Ibid., p. 57-60).

près de Honolulu. Là, comme dans plusieurs bouches d'éruption analogues, de nombreux coraux et des débris de coquilles ont été rejetés avec des cendres, d'où il résulte que la température ne saurait avoir été très élevée. Une petite coulée de basalte, provenant d'un autre côté, est encore plus jeune que ce cratère. Des bancs de calcaire à Polypiers, contenant des fossiles marins, alternent à Diamond Head avec des assises à coquilles terrestres; Dall les considère comme tertiaires, et comme témoignant d'un affaissement, puis d'un soulèvement consécutif. Les couches sont inclinées vers la mer; Bishop et Branner attribuent à toutes ces formations une origine éolienne; ce sont des dunes, amenées par le vent et constituées par du sable corallien[1].

Molokai se compose, comme Maui, de deux grands volcans anciens. Celui de l'Ouest, à Molokai, est fortement dégradé, et celui de l'Est a disparu sous la mer, pour la plus grande partie, le long d'une faille puissante. Dana avait déjà reconnu cette faille; Lindgren l'a décrite; elle est dirigée de l'Est à l'Ouest et forme sur presque toute sa longueur la rive Nord de l'île, constituant une falaise qui a jusqu'à 1 000 mètres de hauteur. En contre-bas de cet abrupt, au Nord, se trouve la « Presqu'île des Lépreux », Kalaupapa. Dans cette portion affaissée, il existe aussi un petit cratère secondaire[2].

Il est légitime de penser que l'opinion de Dana est exacte pour les grands volcans; mais, après que le cratère principal s'est éteint, il s'est encore produit quelques éruptions plus petites, éparses sur les flancs et au pied des vieux géants. A cet égard, les vues de Dutton concordent également avec les précédentes[3].

Les laves des Iles Hawaii ont été décrites comme constituées surtout par des basaltes à feldspaths et des basaltes à olivine, suivant les points où elles ont été récoltées. Dutton relève le manque complet de roches acides et l'abondance « phénoménale » de l'olivine et de l'augite, en particulier du premier de ces minéraux, dans la plupart des coulées récentes du Mauna Loa. Sur un point du grand escarpement de Molokai, Lindgren cite comme roche spéciale une diabase à olivine, à très gros grain, qui se retrouve également, paraît-il, à Kauai. Möhle

1. S. E. Bishop, *Brevity of Tuff-Cone Eruptions* (Amer. Geologist, XXVII, 1901, p. 1-5, pl. I : carte); J. C. Branner, *Notes on the Geology of the Hawaiian Islands* (Amer. Journ. of Sc., 4^{m} ser., XVI, 1903, p. 301-316, pl. XV : carte, 13 fig.). Pour l'opinion contraire, voir C. H. Hitchcock, *Geology of Diamond Head, Oahu* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 469-484, pl. 59-63, dont 1 carte).

2. Waldemar Lindgren, *The Water Resources of Molokai, Hawaiian Islands* (U. S. Geol. Survey, Water Supply and Irrig. Paper N° 77, 62 p., 4 pl. dont 1 carte, 1903; en particulier p. 12-15). Voir aussi H. Schauinsland, *Ein Besuch auf Molokai, der Insel der Aussätzigen* (Abhandl. Naturwiss. Ver. Bremen, XVI, 1900, p. 513-543, 11 pl. phot.).

3. C. E. Dutton, *Hawaiian Volcanoes* (4th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1882-'83, p. 75-219, pl. II-XXX, dont 8 cartes; en particulier p. 217).

décrit du gabbro à olivine de Molokai, et aussi des bombes d'olivine provenant de bouches d'éruption secondaires récentes d'Oahu[1].

Vue d'ensemble. — Avec l'arc des Tuamotu et les traces de celui de Raroia au Sud, et la zone des Hawaii au Nord, se terminent en Océanie les quelques lignes directrices encore reconnaissables. Au delà de cette limite, on ne trouve plus que des îles isolées ou des archipels ne s'alignant pas en séries.

Cette distinction peut rester douteuse en ce qui concerne les *Iles Marquises*. Elles forment une série, longue de 350 kilomètres, constituée par quatre groupes orientés du N.W. au S.E. A l'exception d'une petite île dans l'extrême Nord-Ouest et de quelques gisements peu importants et isolés, il n'existe aux Marquises aucun banc corallien, et même on n'y connaît guère d'exemple de récifs littoraux. Les îles sont élevées et rocheuses, et tombent en falaises à pic dans la mer. On les a considérées comme basaltiques, mais une ancienne relation de Jardin y indique la présence de roches très diverses. Ce voyageur signale, à Nukahiva, en particulier, une péridotite et une roche qui paraît être voisine du gabbro ; il y a recueilli également une leptynite à grain fin, contenant des grenats microscopiques[2].

Ni des Marquises, ni d'aucune autre des îles perdues dans l'Océan Pacifique au delà de cet archipel, on ne connaît, jusque dans le voisinage immédiat de la côte américaine, la moindre trace de roches autres que des roches volcaniques; il est rare qu'elles soient accompagnées de calcaires coralliens, ou de calcaires à Lithothamnium récents. L'*Ile de Pâques*, malgré sa forme régulière, exception faite de deux petits récifs situés au Sud-Ouest, se compose en réalité d'un groupe de montagnes à cratères [3]. Les *Galapagos* sont un archipel de mon-

1. F. Möhle, *Beitrag zur Petrographie der Sandwich- und Samoa-Inseln* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XV, 1902, p. 66-104, pl. III : carte, en particulier p. 80 et 84). [La présence de roches acides à Hawaii a toutefois été signalée, dans ces derniers temps, par C. W. Cross : *An occurrence of Trachyte on the Island of Hawaii* (Journ. of Geol., Chicago, XII, 1904, p. 510-523, 1 carte dans le texte); voir aussi R. A. Daly, *Magmatic Differentiation in Hawaii* (Ibid., XIX, 1911, p. 289-316).]

2. E. Jardin, *Essai sur l'histoire naturelle de l'Archipel de Mendana ou des Marquises* (Mém. Soc. Sc. Nat. et Mathém. de Cherbourg, IV, 1856, p. 49-64, en particulier p. 58); les roches ont été déterminées par Ch. d'Orbigny; l'auteur signale un conglomérat « de fragments de scories et de fragments trachytiques micacés, à pâte de cinérite, et s'amoncelant autour de blocs de péridotite porphyroïde, à cristaux de pyroxène et de péridot ». Grange mentionne des roches analogues (Dumont d'Urville, *Voyage au Pôle Sud. Géologie*. In-8°, II, 1854, p. 210).

3. Ch. Vélain, *Les Roches volcaniques de l'Ile de Pâques* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., VII, 1878-79, p. 415-425, carte dans le texte); Vere Barclay, *Mission à l'Ile de Pâques* (C. R. Soc. Géogr. Paris, 1899, p. 169-176, carte); il est question des statues gigantesques de cette île dans un grand nombre de travaux de Geissel, Cooke, Agassiz, etc. Le fait que ces statues sont renversées en séries suivant une orientation constante semble confirmer l'hypothèse, généralement admise, d'une catastrophe qui aurait affecté l'île entière; voir

tagnes cratériformes, sans aucune disposition linéaire apparente [1].

Ces archipels *rappellent plutôt le mode de groupement des îles atlantiques*, et la disposition linéaire, qui domine en Polynésie, n'atteint pas le voisinage de la côte occidentale d'Amérique.

La convexité de l'arc des Aléoutiennes est tournée vers le Sud, celle de l'arc des Kouriles et des arcs asiatiques suivants vers l'Est et celle des arcs océaniens, jusqu'aux Iles Hawaii, vers le Nord-Est. Tous ces arcs semblent tournés vers la partie de l'Océan d'où l'allure linéaire est absente et dans laquelle, ou bien il n'y a pas d'îles du tout, ou bien il règne une disposition en groupes, de type atlantique.

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'Australie, les traces d'un ancien continent deviennent plus rares; il ne reste plus, finalement, que des volcans et des guirlandes d'atolls, s'élevant à peine au-dessus du niveau de la mer [2]. Mais ces accidents, pour autant qu'ils se groupent en séries, représentent la projection à la surface de la mer des lignes directrices sous-marines (II, p. 539).

A la suite des recherches des vingt dernières années, nous distinguerons dans un atoll le socle et le couronnement. Parfois, on peut dis-

Alex. Agassiz, *Reports on the Scientific Results of the Expedition to the Eastern Tropical Pacific by the U. S. Fish Commission Steamer « Albatross ». General Report* (Mem. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXXIII, 1906, pl. 29). J'ai cru remarquer jadis, dans la grotte d'Adelsberg, qu'un grand nombre de colonnes anciennes de stalactites avaient été brisées et déjetées suivant une même direction. [Consulter en outre, sur l'Ile de Pâques : W. J. Thomson, *Te Pito te Henua, or Easter Island* (Rept. U. S. Nat. Mus. for 1889, p. 447-552, pl. XII-LIX); *Easter Island* (Scottish Geogr. Mag., XXV, 1909, p. 195-201).]

1. Th. Wolf, *Ein Besuch der Galapagos-Inseln* (Sammlung von Vorträgen, herausgegeb. von Frommel und Pfaff). In-8°, Heidelberg, 1879, p. 259-300, carte; G. Baur, *New Observations on the Origin of the Galápagos Islands, with remarks on the Geological Age of the Pacific Ocean* (Amer. Naturalist, XXXI, 1897, p. 661-680 et 864-896).

[2. Sur les récifs coralliens et la formation des atolls, voir l'exposé critique de R. Langenbeck, *Der gegenwärtige Stand der Korallenrifffrage* (Geogr. Zeitschr., XIII, 1907, p. 24-44, 92-111); voir aussi L.-G. Seurat, *Les îles coralliennes de la Polynésie. Structure. Mode de formation. Faune et flore* (Bull. Musée Océanogr. Monaco, n° 65. In-8°, 16 p., 2 fig., 1906); Léon-W. Collet, *Les dépôts marins* (Encyclopédie Scientifique, publ. sous la direction du Dr Toulouse). In-16, Paris, 1908, p. 252-277; Ch. Gravier, *Sur quelques traits de la biologie des récifs coralliens* (Revue Scientifique, 5e sér., X, 1908, 2e sem., p. 385-393); Emm. de Martonne, *Traité de Géographie physique*. In-8°, Paris, 1909, p. 691-696; F. Wood-Jones, *Corals and Atolls : their History, Description, Theories of their Origin...* In-8°, xxiv-392 p., pl. et cartes, London, 1910; Alex. Supan, *Grundzüge der Physischen Erdkunde*, 5. umgearbeitete und verbesserte Auflage. In-8°, Leipzig, 1911, p. 774-784; J. F. Niermeyer, *Barrière-Riffen en Atollen in de Oost-Indiese Archipel* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2e Ser., XXVIII, 1911, p. 877-894, cartes XIII, XIV); L. Joubin, *La Vie dans les Océans* (Bibliothèque de Philosophie scientifique). In-16, Paris, 1912, p. 284-316; et surtout la *Carte des bancs et récifs de Coraux (Madrépores)* dressée sous les auspices de S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco par L. Joubin. Exécutée par J. Morelli (Annales de l'Institut Océanographique, Paris, IV, fasc. 2, 1912). 5 feuilles in-folio à 1 : 10 000 000 dans un carton, avec 7 p. de texte in-4°; la feuille n° III (Australie-Mer de Chine) de cette magnifique publication a été reproduite dans le n° du 15 juillet 1912 des *Annales de Géographie* (XXI, pl. IV; commentaire de L. Joubin, p. 289-293); des teintes ou signes spéciaux y distinguent les coraux émergés, les coraux immergés, et les « atolls, îles et bancs coralliens trop petits pour être représentés dans leur forme réelle ».]

cerner en outre un soubassement du socle, c'est-à-dire soit un fragment de chaîne ancienne, comme dans l'Archipel d'Entrecasteaux, soit un soubassement ancien de ce genre, recouvert de sédiments d'âge varié, jusqu'à l'époque tertiaire, sédiments qui constituent le socle, comme à Viti Levu; il peut encore n'y avoir qu'un plateau tertiaire, comme à Makatea (Ouest des Tuamotu), ou enfin l'on n'aperçoit qu'un pointement volcanique ou un volcan actif.

La Nouvelle-Guinée et Espiritu-Santo nous ont montré que les plissements post-miocènes ne sont nullement exclus. Une chaîne plissée dans le calme des profondeurs est protégée contre les influences dévastatrices de l'atmosphère; mais dès que l'action des vagues se fait sentir, les choses changent. Ce qui dépasse le niveau de la mer est soumis à l'usure des lames, au ruissellement des pluies et à l'effort des tempêtes; de profonds sillons sont creusés; des dolines et des cavités prennent naissance dans les calcaires; souvent ceux-ci disparaissent complètement, et leur surface est ramenée à un niveau légèrement inférieur à celui de la mer.

Un volcan peut également édifier, sans être troublé, son cône en profondeur; si l'activité éruptive est suffisante, il dépassera la limite de l'action des vagues; mais, étant moins résistantes que d'autres roches, les cendres seront plus rapidement dispersées. C'est ce que l'on a relaté (II, p. 537) de l'Ile Graham (Julia), et Lister a décrit le même phénomène pour l'Ile Falcon (Tonga).

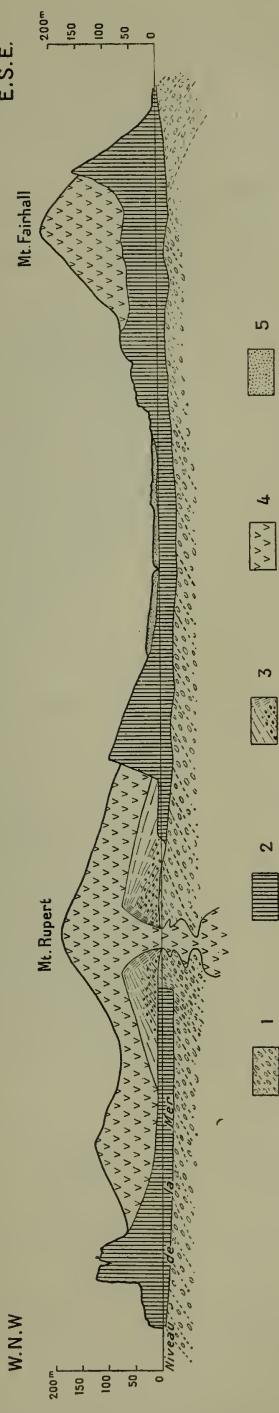


Fig. 239. — Coupe à travers Mango (Iles Fidji), d'après E. C. Andrews (*Bull. Museum of Comparat. Zool. Harvard College*, XXXVIII, Geol. Series V. n° 1, 1900, pl. 2, fig. 2).

1. Soubassement volcanique de l'île (conglomérats, en partie désagrégés); 2. Calcaires d'origine corallienne; 3. Tufs andésitiques, avec blocs calcaires, à la base; 4. Andésite; 5. Alluvions. — Échelle de 1 : 15 000 environ (longueurs et hauteurs).

Sur des surfaces ainsi dressées par arasement du socle, qu'elles soient constituées par des calcaires ou par des roches volcaniques (fig. 239), le couronnement peut se fixer sans intermédiaire. Agassiz a montré la réalité de cet état de choses par de nombreux exemples, et Voeltzkow est arrivé à des résultats analogues pour les îles coralliennes de l'Océan Indien.

La chute brusque du bord externe de ces îles est compréhensible jusqu'à un certain point, quand il s'agit d'un volcan arasé; mais il est peu vraisemblable que toutes ces îles reposent sur des volcans, et les profondeurs avoisinantes sont grandes. Aux Tuamotu, Agassiz dit que les îles de l'Ouest sont circonscrites approximativement par l'isobathe de 800 brasses (1 463 m.); vers le Sud-Ouest, à peu près à mi-route de Tahiti, les sondages ont, par contre, trouvé plus de 5 000 mètres, et à peu près à la même distance vers le Nord-Est, 5 751 mètres[1].

Il convient donc d'accorder aux résultats si précieux de la croisière du « *Challenger* » et aux observations de Murray plus d'importance que nous ne leur en avions attribuée jusqu'à présent (II, p. 537). On doit se représenter que les petites coquilles calcaires tombent très nombreuses sur le fond de la mer; elles sont dissoutes dans les grandes profondeurs, mais s'entassent au contraire sur place quand la profondeur est faible ou médiocre. Dans les fosses très déprimées, il ne peut se déposer, en quantité d'ailleurs minime, que de l'argile rouge; par contre, sur les hauts-fonds qui dépassent le niveau à partir duquel les carbonates cessent d'être solubles, il se produit une accumulation. Il en résulte une *exagération du relief*. De la sorte, les dépressions se conservent, tandis que les sommets deviennent de plus en plus élevés et s'accroissent comme de véritables colonnes.

Ainsi, à la faveur d'un calme prolongé pendant de longs âges, non seulement un puissant socle calcaire pourra prendre naissance, mais il se peut encore qu'à une époque lointaine, lorsque le niveau de l'Océan était plus élevé, le dépôt du calcaire ait monté jusqu'au-dessus du niveau actuel de la mer. Des mouvements négatifs discontinus y ont ensuite provoqué la formation de terrasses successives (fig. 240), dessinant trois, deux ou un seul étage, ou finalement il n'est resté qu'une plate-forme, sur laquelle le couronnement s'est établi. Dans la majeure partie des cas, cette assiette demeure elle-même invisible.

Il est très compréhensible que l'esprit synthétique de Ch. Darwin, à l'aspect des atolls, ait eu l'impression d'un affaissement général. De même, et inversement, il est tout naturel que les îles en terrasses telle que Lifou (Iles Loyalty, II, p. 533, fig. 99) aient été citées comme des

1. Alex. Agassiz, *The Coral Reefs of the Tropical Pacific*, 1903, p. 25 et suiv.

preuves d'un soulèvement, et qu'on ait dessiné des cartes du globe où les régions en voie de soulèvement et les régions en voie d'affaissement alternent sans aucune règle au milieu de l'Océan.

Les terrasses régulières doivent, avant tout, être séparées des plisse-

Fig. 240. — Terrasses coralliennes de la côte Nord-Est d'Amboine, d'après R. D. M. Verbeek (*Jaarboek v. h. Mijnwezen in Nederl. Oost-Indië*, XXXIV, 1905, Wetensch. Ged., Atlas, carte n° 1).

1. Diabase; 2. Andésite, liparite, roches vitreuses et brèches (Crétacé?); 3. Dépôts meubles (Pliocène et Quaternaire); 4. Calcaires coralliens (D°); 5. Alluvions. — Échelle de 1 : 150 000.

ments récents; ceux-ci peuvent bien, comme à Espiritu-Santo, déformer des terrasses préexistantes; mais ils ne peuvent jamais donner nais-

sance à des gradins se prolongeant horizontalement sur plusieurs degrés de latitude. Quand il y a des fossiles déterminables, comme dans les calcaires étagés de l'Ile Christmas, au Sud de Java, ou dans les lambeaux, souvent cités par Alex. Agassiz, des couches de Vicksburg, dont l'âge est à peu près le même, tous les doutes s'évanouissent, et l'on voit que l'édification du socle a commencé au moins dès l'époque aquitanienne. Là où les calcaires tertiaires se sont trouvés portés à leur altitude actuelle par des plissements tectoniques, les atolls prennent eux-mêmes une direction déterminée, comme aux Iles Tuamotu.

La terrasse la plus élevée, encore reconnaissable dans cet archipel, avait été indiquée, dans un chapitre antérieur, comme ne dépassant pas 100 mètres. De nouvelles observations portent ce chiffre à 500 pieds (150 m. environ).

Il en est de même pour les socles volcaniques.

Lorsque l'Ile Graham (Julia, Ferdinandea) apparut dans l'été de 1831, on pensa qu'une nouvelle chaîne de montagnes allait réunir la Sicile à la Tunisie, que Malte perdrait sa valeur militaire et que le Détroit de Messine pourrait acquérir un jour l'importance de celui de Gibraltar; les agitations politiques de cette époque se reflètent jusque dans la lutte engagée autour du nom de l'île[1]. Des savants éminents exagèrent, encore aujourd'hui, la puissance de soulèvement exercée par les volcans. Ceux-ci peuvent porter des fragments ou des blocs isolés à des hauteurs considérables : on en a la preuve dans l'amas volumineux de *Goniastræa* qui a été trouvé à Viti Levu, dans des tufs volcaniques, à 393 mètres d'altitude. Ils peuvent aussi, par des intrusions latérales de filons-couches, par exemple, déterminer des soulèvements d'une faible amplitude, et très localisés dans l'espace, comme au Temple de Sérapis; des mouvements aussi étendus et aussi uniformes que ceux qui se sont produits dans les îles à terrasses ne peuvent pas leur être dus; d'ailleurs, dans des îles et sur des côtes qui sont très éloignées de tout volcan, on observe des terrasses analogues. On doit reconnaître, néanmoins, qu'en dépit des remarquables recherches faites dans ces dernières années, et malgré les objections que Semper, Murray, Agassiz et beaucoup d'autres observateurs excellents ont formulé contre les vues de Darwin et de Dana, la profondeur des lagunes fermées n'a pas encore reçu d'explication absolument satisfaisante. L'opinion d'après laquelle le couronnement aurait été construit par les coraux, à la suite d'un mouvement positif, repose donc tou-

1. J. Gosselet, *Constant Prévost, Coup d'œil rétrospectif sur la Géologie en France pendant la première moitié du XIXe siècle* (Annales Soc. Géol. du Nord, XXV, 1896, p. 211-239).

jours sur une base sérieuse (II, p. 541). L'hypothèse qui paraît correspondre le mieux à l'état actuel de nos connaissances est que l'on se trouve en présence de deux sortes de mouvements des lignes de rivage : un mouvement positif, constant et d'une faible amplitude, serait interrompu de temps à autre par des épisodes négatifs de courte durée, qui détermineraient la formation d'un nouveau gradin. En Océanie, la somme des mouvements négatifs l'aurait emporté; c'est ce que montre la présence des îles à terrasses étagées.

Addendum. — M. Speight, du Canterbury College (Nouvelle-Zélande), a eu l'obligeance de m'adresser un numéro d'un journal, annonçant l'heureux retour d'une Expédition scientifique envoyée dans les Iles du Sud; cette relation signale, en même temps, l'existence de roches anciennes aux îles Snares, Campbell et Auckland, qui doivent certainement être considérées comme ayant fait partie d'un continent aujourd'hui disparu. [Voir ci-dessus, p. 1004, note 3.]

CHAPITRE XIX

PÉNÉTRATION DES GUIRLANDES INSULAIRES DE L'ASIE EN AMÉRIQUE[1]

Introduction. Presqu'île de Taïmyr.
I. *Anadyrides.* — L'arc de Verkhoïansk. — Le Delta de la Léna. — Iana; Indighirka; Kolyma. — Penjina. — Anadyr, Kamtchatka et Kouriles.
II. *Alaskides.* — Les Monts Roumanzov. — La Presqu'île Seward. — La Presqu'île des Tchouktches. — Rapports de l'Asie et de l'Amérique. — Montagnes du Bas Yukon. — Alaska Mountains. — La Presqu'île d'Alaska. — Les Iles Aléoutiennes. — Les Monts Kenai. — Vue d'ensemble des Alaskides.

Dans les pages qui suivent, nous allons d'abord revenir avec plus de détails sur le Nord-Est de l'Asie, pour compléter ce que nous avons dit des guirlandes insulaires; nous rechercherons ensuite les relations de ce continent avec l'Amérique.

Des avant-fosses longues et étroites, beaucoup plus profondes que l'Océan lui-même, qui se tient entre —4000 et —5000 mètres, bordent, dans le Nord comme dans le Sud du Pacifique, l'édifice asiatique. Le fond, au large des Riou-Kiou, descend à plus de —7500 mètres ; on a trouvé au large des Kouriles —8513 mètres, et au Sud des Aléoutiennes plus de —7000 mètres. Les guirlandes insulaires sont marquées par de longs alignements volcaniques *qui, bien que parallèles aux avant-fosses, en sont indépendants.* Ils sont assez souvent séparés de l'avant-fosse par une Cordillère, ou par des tronçons de Cordillère.

Une série de longues chaînes converge du Sud vers le centre de la Mer d'Okhotsk (III, 1re partie, p. 156). Les plus importantes sont :

[1. Traduit par Henri Baulig. — Sur la structure des régions étudiées dans ce chapitre, consulter l'ouvrage de L. de Launay, *La Géologie et les Richesses minérales de l'Asie.* In-8°, 816 p., 82 fig. dans le texte, 10 pl. cartes géol. et tectoniques, Paris, 1911 (renferme un grand nombre d'indications bibliographiques). Les récents travaux des ingénieurs et des géologues russes sur les principaux districts métallifères de la Sibérie ont été exposés avec détail par Joh. Ahlburg, dans un important article intitulé : *Die neueren Fortschritte der Erforschung der Goldlagerstätten Sibiriens* (Zeitschr. f. prakt. Geol., XXI, 1913, p. 105-188, 13 fig., 3 pl., dont 1 carte géol. d'ensemble à 1 : 22 500 000).]

les Monts Aldan, le long de la côte Ouest (Djougdjour, Némérikan, Primorskii Khrébet), les Monts de la Bouréïa (Petit Khingan) qui, avec un grand nombre de chaînons secondaires, arrivent à la côte Sud, puis le Sikhota Alin, enfin Sakhalin et une grande partie de Hokkaido.

Bogdanovitch a trouvé que le granite et le porphyre du Djougdjour sont plus récents que les charbons jurassiques, tandis que les terrains des chaînes qui séparent le Djougdjour de la mer sont beaucoup plus anciens. Vers le Nord, c'est-à-dire en allant vers Okhotsk et un peu au delà, les plissements de ces montagnes s'atténuent. Ils font place à des cassures longitudinales. Sur la Marékanka, où se trouvent les gisements de la marékanite (III, 1re partie, p. 160), on connaît aujourd'hui, en outre, des rhyolites; l'andésite est plus répandue qu'on ne le pensait[1].

Tout ce faisceau triangulaire de chaînes, du Djougdjour à Sakhalin, peut être désigné sous le nom d'*Okhotides*. Ses alignements, qui se poursuivent au Sud jusqu'au cœur de la Mandchourie, accusent une relation intime avec les Altaïdes Orientales de l'Asie intérieure. Au Nord d'Okhotsk, il rencontre un deuxième faisceau, qui s'étend de l'arc Kamtchatka-Kouriles jusqu'au delta de la Léna. Celui-ci comprend, en dehors de l'arc Kamtchatka-Kouriles, les chaînes de Ghichiga au Nord de la Mer d'Okhotsk et les chaînons courts qui en longent le bord Nord-Ouest, puis le grand arc de Verkhoïansk. Ces chaînes convergent, autant qu'on peut l'inférer des renseignements existants, vers la région de l'Anadyr; nous les désignerons sous le nom d'*Anadyrides*.

Les *Alaskides* forment un autre groupe, correspondant à toutes les chaînes de montagnes comprises entre les Aléoutiennes et les chaînes arctiques de l'Alaska. Elles convergent du côté de l'Est, et leurs différents arcs entrent en contact avec les chaînes américaines par rebroussement (*Schaarung*), sous le méridien de la Baie Tchougatsk ou Chugatch (Prince William Sound, 146°-148° de long. W.; II, p. 322). A l'Ouest, la façon dont la courbe des Aléoutiennes se comporte en rencontrant celle du Kamtchatka révèle une indépendance égale, par exemple, à celle des Kouriles par rapport à l'alignement Sakhalin-Hokkaïdo (III, 1re partie, p. 180).

On peut considérer aussi ces trois faisceaux comme autant de virgations, qui toutes s'ouvrent au Sud ou à l'Ouest, convergent vers le Nord ou l'Est, et tournent leur convexité vers l'Est ou le Sud; leurs volcans et leurs avant-fosses se trouvent à l'Est ou au Sud, c'est-à-dire du côté pacifique. —

1. K. I. Bogdanovitch, *Description du gisement de la Marékanite au voisinage de la ville d'Okhotsk et Esquisse géologique de la côte occidentale de la Mer d'Okhotsk* (r.). In-8°, 64 p., 2 cartes géol. [Extrait du vol. intitulé : *A la mémoire d'Ivan Vassiliévitch Mouchkétov*. St-Pétersbourg, 1905.]

Presqu'île de Taïmyr. — Disons d'abord quelques mots d'un fragment de chaîne plissée, tout à fait isolé et très peu connu, qui apparaît près du Cap Tchéliouskine.

Tolmatchev et Backlund sont parvenus à reconnaître que le plateau de la Sibérie Orientale, consistant en une nappe de diabase superposée à des couches paléozoïques horizontales (III, 1re partie, p. 38), s'avance, entre les affluents de la Khatanga et de l'Iénisséi, jusqu'à 68° de lat. N., et qu'ensuite il se résout, du côté de l'Est, en témoins isolés. Des couches cambriennes horizontales entourent le Lac Ekhé (ou Essé, ou Iesséi), le Monero inférieur et une section considérable du cours de la Khatanga; dans cette dernière région, elles contiennent *Anomocare* et *Archæocyathus*. Sur un point, on a rencontré des Polypiers appartenant au Silurien supérieur.

Sous ce plateau morcelé, le gneiss apparaît. Tolmatchev rapporte que le Cambrien du haut Anabar ressemble à du gneiss, et il rappelle que Czekanowski trouva des cailloux de granite sur les bords de l'Olének et de l'Argasala. Tolmatchev a lui-même rencontré du gneiss sur la haute Khatanga. D'après Backlund, cette structure se continuerait entre la Khatanga et l'Anabar jusque vers 72° de lat. N., où le plateau se terminerait par des cassures en gradins. C'est le long d'un accident de ce genre que s'arrêterait aussi la transgression mésozoïque à *Aucella* et à Bélemnites[1].

Nordenskjöld a trouvé aussi du gneiss et des micaschistes dans l'Ouest de l'Ile Taïmyr (Port Actinia, à l'Ouest et au large de la Baie du Taïmyr)[2].

Cette extension considérable du gneiss au-dessous du Cambrien horizontal rappelle d'une manière frappante les boucliers canadien et baltique. Un fait remarquable et difficile à expliquer est l'abondance

1. I. P. Tolmatchev, *Sixième Rapport sur l'expédition de la Khatanga*, r. (Isviestia Soc. Imp. Russe de Géogr., XLII, 1906, p. 792 et suiv.); pour un croquis d'ensemble, voir ibid., XLI, 1905, p. 620; H. Backlund, *Sur un massif de gneiss dans le Nord de la Sibérie*, r. (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, p. 797, 798; et *Über ein Gneissmassiv im nördlichen Sibirien* (Travaux Musée Géol. Pierre-le-Grand, St-Pétersbourg, I, 1907, p. 91-170, pl. 6, 7); le même, *Travaux et résultats de l'expédition de la Khatanga 1905* (La Géographie, Paris, XVII, 1908, 1er sem., p. 117-124, pl. 1 : carte). [Voir aussi I. P. Tolmatchev, *Nouvelles données sur la Géographie de la Sibérie du Nord*, r. (Bull. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 6e sér., IV, 2e partie, 1910, p. 989-998, 2 cartes dans le texte).]

2. A. E. Freih. v. Nordenskjöld, *Die Umsegelung Asiens und Europa auf der Vega*, deutsche Ausgabe, 2 vol. in-8°, Leipzig, I, 1882, p. 289; le même, « *Vega* » *Expeditionens vetenskapliga iakttagelser*, 5 vol. in-8°, Stockholm, I, 1882, p. 14. En ce qui concerne l'Ile de la Solitude, isolée à une grande distance au Nord, je sais seulement qu'elle est élevée et rocheuse; H. Mohn, *Die Insel Einsamkeit im sibirischen Eismeere, entdeckt von Kapitän* E.-H. Johansen *aus Tromsö* (Petermanns Mittheil,, XXV, 1879, p. 57-59, pl. 4). Toll a introduit d'importantes modifications dans la carte de la côte orientale de la Baie du Taïmyr; *Rapport sur les Travaux de l'Expédition Polaire Russe dirigée par le Baron Toll* (Bull. Acad Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 5e sér., XVI, 1902, p. 195-251, 2 pl. phot., 2 cartes).

du sel. On a signalé du sel paléozoïque jusqu'à l'Oubsa-Nor, dans la Vallée des Lacs (III, 1re partie, p. 108), et jusqu'à Minoussinsk (Ibid., p. 103) : il s'y montre intercalé entre du Dévonien marin et la flore du Culm. Ici, au Nord, il s'agit probablement de la continuation des dépôts de gypse et de sel du Vilioui qui, dans le Sud, ont été rapportés aux couches rouges du Silurien inférieur (III, 1re partie, p. 46). Backlund mentionne du gypse et du sel d'âge paléozoïque sur le cours moyen du Monero; en outre, loin au Nord, entre les embouchures de l'Anabar et de la Khatanga, il signale la montagne de sel d'Oueruntoumous, qui est considérée avec vraisemblance comme mésozoïque. On connaît des Bélemnites dans une île du voisinage, l'Ile Préobrajenskii [1].

Telle est la constitution du pays que Middendorff traversa, en 1843, au prix des plus grandes difficultés. Parti de Touroukhansk, il marcha au Nord et atteignit, par 69° 30′, les lacs de la haute Pésina et les Monts Syverma. Là, il se trouvait encore dans le domaine des roches éruptives basiques de l'Iénisséi inférieur. Il remonta la Doudypta vers le N.E. puis, traversant la toundra, il atteignit le haut Taïmyr. Ce fleuve longe sur une certaine distance le pied méridional d'une chaîne basse, les *Monts Byrranga*, et, par 74° de lat. N., s'élargit en formant un lac. Avant d'atteindre ce point, il roule des cailloux contenant *Belemnites Panderi*, *Aucella*, etc. [2].

Le lac s'épanouit largement vers le Nord, en traversant de part en part les Monts Byrranga. Dans la coupure, on voit de l'amygdaloïde; la chaîne elle-même se compose de schistes argileux plissés et de grauwackes. Les couches, fortement redressées, affleurent en plusieurs points sur le bas Taïmyr. L'Ile *Baer* (75° 30′) est formée de diorite et de schistes dioritiques.

Des hauteurs voisines de l'embouchure du Taïmyr, Middendorff vit les Monts Byrranga se continuer à perte de vue vers le N.E. La côte, dans cette direction, était rocheuse comme à l'embouchure même. Des relations de Prontchichtchev et de Laptev, qui datent du XVIIIe siècle, Middendorff a pu déduire que les côtes orientales de la Presqu'île de Taïmyr, vers la Baie Saint-Thaddée, sont également abruptes, et

1. B. Lundgren, *Om en Belemnit från Preobraschenieön* (Öfvers. Svenska Vetensk. Akad. Förhandl., Stockholm, XXXVIII, n° 7, 1881, p. 3-7). [Voir aussi D. Sokolov, *Sur des fossiles mésozoïques des Iles Préobrajénié et Biégitchev*, r. (Travaux Musée Géol. Pierre-le-Grand, St-Pétersbourg, IV. 1910, p. 41-54, pl. 2).]

2. A. Th. v. Middendorff's *Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens*, I. 1. Abth. : *Übersicht der Natur Nord- und Ost-Sibiriens*, Theil I. In-4°, St.-Petersburg, 1848, p. 195-215 (*Geognostische Betrachtungen*, bearbeitet von G. v. Helmersen); voir aussi IV, 1867, nombreux passages; A. Graf Keyserling, *Jura-Versteinerungen vom Taimyr* (Ibid., I, p. 253, pl. IV-VI). [Voir aussi D. N. Sokolow, *Ueber Aucellen aus dem Norden und Osten von Sibirien* (Résultats scientifiques de l'Expédition Polaire Russe en 1900-1903, sous la direction du Baron E. von Toll (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 8e sér., XXI, n° 3, 1908). In-4°, 18 p., 3 pl.]

qu'il existe au Nord de cette baie des montagnes couvertes de neige, qui l'entourent de hautes falaises. Middendorff en a conclu que les Monts Byrranga envoient un rameau jusqu'à la pointe de la Presqu'île de Taïmyr, et Helmersen pensait aussi que le Cap Tchéliouskine en fait partie[1]. De fait, Nordenskjöld a vu des chaînes de montagnes dans cette presqu'île, et il a trouvé au Cap Tchéliouskine des micaschistes argileux et des schistes argileux redressés verticalement, mais s'orientant W.N.W.-E.S.E.[2].

C'est là la seule observation que nous possédions sur la direction vraie. Il se peut que la diabase de l'Iénisséi forme une bonne partie des Monts Byrranga et de leur prolongement vers la Presqu'île de Taïmyr[3].

I. — Anadyrides.

L'Arc de Verkhoïansk. — Un faîte de partage, disposé en arc de cercle, court dans la direction du Sud-Ouest entre les bassins de l'Anadyr et de l'Omolon. Ses pentes orientales se rapprochent de la Mer d'Okhotsk, mais elles en restent séparées sur une longue distance par une croupe étroite, les Monts de la Kava, qui surgissent dans l'intervalle. A l'approche des sources de l'Okhota, le faîte de partage s'écarte de la mer, et enveloppe, outre les sources de la Kolyma, celles de l'Indighirka et de la Iana, tandis que la rivière Aldan, puis la Léna, sur une grande distance, suivent le pied de son versant Sud et Ouest; puis il s'infléchit légèrement à son extrémité N.W., de sorte que ses derniers contreforts, dirigés vers l'W.N.W., atteignent le delta de la Léna et même l'embouchure de l'Olének. L'isolement du réseau hydrographique est frappant.

Maydell a montré clairement que deux chaînes différentes entrent en contact au voisinage de l'Okhota. Il désigne la chaîne septentrionale, que nous comprenons dans l'arc de Verkhoïansk, sous le nom de *Monts de la Kolyma*. Elle diffère par sa direction et sa constitution des Monts Aldan (Djougdjour)[4].

1. Middendorff, ouvr. cité, p. 215, et IV, p. 205, note 1. — Deux des échantillons rapportés par Middendorff ont été examinés par K. von Chrustchoff; l'un est de type trachytique (Taimyrite), l'autre est une roche granitique; *Über eine Gruppe eigenthümlicher Gesteine vom Taimyr-Lande* (Bull. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, nouv. série, III, 1894, p. 421-431).

2. A. E. Törnebohm, *Under Vega-Expeditionen insamlade bergarter* (in Nordenskjöld, « *Vega* » *Expeditionens vetenskapliga iakttagelser*. In-8°, Stockholm, IV, 1887, p. 119).

[3. Voir H. Backlund, *Kristalline Gesteine von der Nordküste Sibiriens, I. Die Diabase der Kusjkin-Insel*, r. (Mém. Acad. Imp. Sc., St-Pétersbourg, 8e sér., XXI, n° 6, 1910). In-4°, 38 p., 2 pl.]

4. Baron Gerhard Maydell, *Reisen und Forschungen im Jakutskischen Gebiet Ostsibiriens in den Jahren 1861-1871*, II (Schrenk und Schmidt, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, 4. Folge, II, 1896, p. 219, 223 et suiv., carte de l'Atlas). L'ethnographe Jochelson est parvenu au voisinage du versant occidental, presque inconnu, des Monts Kolyma; V. I. Jochelson, *Voyage aux rivières Iassatchnoi et Korkodon*, r. (Isviest. Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIV, 1898, p. 255-290, pl. VI : carte; en particulier p. 278).

La région de contact se trouve vers les sources de l'Okhota et de son grand affluent l'Arka. Une partie considérable de l'arc de Verkhoïansk, dans ces parages, est désignée par les gens du pays sous le nom de *Plateau d'Oïmekon*. La Kolyma et l'Indighirka en descendent vers le Nord. Plus à l'Est, le faîte de partage s'appelle, comme nous l'avons dit, Monts de la Kolyma. A l'Ouest, il porte le nom de *Sordoghinskii Khrébet*, puis, sur une assez longue distance, il s'appelle *Faîte de Verkhoïansk*, puis *Oroulgan*; enfin, au voisinage de l'Océan Glacial, *Khara Oulakh*.

Ce grand arc est constitué par des couches plissées. Sur toute son étendue, depuis la ligne de partage du bassin de l'Anadyr jusqu'à l'embouchure de la Léna, on n'a trouvé jusqu'à présent ni gneiss, ni terrains prépaléozoïques. L'Aldan et la Léna le séparent nettement du plateau de la Sibérie Orientale, dont les sédiments cambriens non dérangés sont déjà visibles à une faible distance.

Sur l'extrémité Nord-Ouest et l'Ouest de cette région, nous avons les relations de deux observateurs distingués. Le premier est Czekanowski, qui a décrit la géologie des embouchures et de certaines parties de l'arc occidental[1]. Puis les voyages du baron de Toll ont précisé nos connaissances sur les mêmes régions, sur la structure de la vallée de la Iana et sur les Iles de la Nouvelle-Sibérie, situées au large de la côte, au Nord[2].

Meglitzky a donné, en 1850, une coupe partant du confluent de l'Aldan[3]. Plus à l'Est, Czerski, parti également des bords de l'Aldan, franchit, en 1891, les Monts de Verkhoïansk par 62° 40′, traversa la région des sources de l'Indighirka, et atteignit Verkhné Kolymsk. Il mourut peu de temps après dans les solitudes de la Kolyma, victime des efforts qu'il s'était imposés pour l'amour de notre science[4].

Sur la région suivante, à l'Est, en particulier sur le segment de l'arc

1. *Journal de l'Expédition* de A. L. Czekanowski *sur la Toungouska inférieure, l'Olenek et la Léna en 1873-75*, publié par la Société Impériale Russe de Géographie (r.). In-8°, III-298 p., 1 portrait, 1 carte, 35 fig., St-Pétersbourg, 1896; cartes, p. 195-275.

2. L. v. Schrenk, Alex. Bunge und Baron Eduard Toll, *Die von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften ausgerüstete Expedition nach den Neusibirischen Inseln und dem Jana-Lande* (Beitr. z. Kenntn. d. Russ. Reiches, 3. Folge, III, St-Petersburg, 1887. In-8°, VI-412 p., 6 cartes); Baron Ed. v. Toll, *Wissenschaftliche Resultate der von der K. Akademie der Wissenschaften zur Erforschung des Jana-Landes und der Neusibirischen Inseln in den Jahren 1885 und 1886 ausgesandten Expedition*. I. *Die paläozoischen Versteinerungen der Neusibirischen Insel Kotelny* (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, XXXVII, 7e sér., n° 2, 1889, 56 p., 5 pl.), et II. *Tertiäre Pflanzen der Inseln Neu-Sibirien*, von J. Schmalhausen, avec introduction du Baron E. v. Toll (Ibid., XXXVII, n° 5, 1890, 22 p., 2 pl.); Baron E. Toll, *Esquisse géologique des Iles de la Nouvelle-Sibérie*, r. (Ibid., 8e sér., IX, n° 1, 1899, 20 p., 2 pl. [dont 1 carte géol. à l'échelle de 100 verstes au pouce, reprod. au t. III du présent ouvrage, 1re partie, p. 29).]

3. N. Meglitzky, *Geognostische Beobachtungen auf einer Reise in Ost-Sibirien im Jahre 1850* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Gesellsch., 1850-51, p. 118-162, 1 pl. : cartes et coupes).

4. J. L. Czerski, *Rapport sur l'exploration du bassin des fleuves Kolyma, Indighirka et Iana*, r. (Zapiski Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, t. 73, n° 5, 1893, 35 p., cartes).

qui s'étend à l'Est de l'Omolon, on manque de renseignements précis, et l'on en est à peu près réduit à l'examen des formes superficielles. C'est seulement bien plus au Nord que les voyages excessivement pénibles de Ferdinand de Wrangell et de son compagnon Matiouchkine (1820-1824) permettent, dans une certaine mesure, d'en rattacher les résultats aux travaux récents accomplis dans l'Est et le Nord-Est[1].

Le Delta de la Léna. — Descendons le fleuve avec Czekanowski. Le bord Ouest des Montagnes de Verkhoïansk, qui sont proches, montre des grès à empreintes végétales, souvent blancs, contenant de nombreux géodes; à partir de 69° de lat. N., le fleuve serre les montagnes de plus près. Les plissements deviennent plus nets, et les rives rocheuses plus escarpées. Au voisinage d'Aïakhit (*a*, fig. 241), le Khara Oulakh, sous forme de montagnes neigeuses, s'avance jusqu'au fleuve; la rive gauche aussi est devenue plus haute. Elle est faite des mêmes grès, et l'on voit déjà que les couches sont beaucoup plus redressées dans les montagnes de la rive droite que dans les grès de la rive gauche, et qu'elles s'inclinent en sens contraire. Les rives deviennent de plus en plus hautes, et les larges ondulations des couches ont fait place à des dislocations violentes. La Léna coule désormais à l'intérieur d'une chaîne plissée[2].

Czekanowski quitta la Léna près d'Aïakhit et se dirigea au N.W. vers l'Olének. Là aussi, le sous-sol est constitué par des grès à végétaux, associés aux couches à Inocérames de l'étage volgien : les deux formations sont affectées de plissements d'une grande amplitude[3].

Le cours inférieur de l'Olének, dirigé vers le N.W., est bordé sur la rive droite par une courte bande de calcaire triasique, qui commence au rocher de Menghilekh (*b*, fig. 241), connu pour sa richesse en fossiles du Trias inférieur (zone à *Ceratites subrobustus*), et s'avance comme un éperon jusqu'à l'embouchure même du fleuve[4].

La description donnée par Toll des rochers du delta de la Léna nous apprend ce qui suit. Au-dessous d'Aïakhit, au Nord de 71° de lat. N. et avant qu'on atteigne la tête du delta, sur la rive droite, des rochers calcaires abrupts, à couches verticales, se dressent jusqu'à 760 mètres.

1. F. v. Wrangell, *Reise längs der Nord-Küste von Sibirien und auf dem Eismeere in den Jahren 1820 bis 1824*, herausgegeben von G. Engelhardt. 2 vol. in-8°, Berlin, 1839.

2. Czekanowski, *Journal de l'Expédition sur la Toungouska inférieure*, etc., 1896, p. 229.

3. J. Lahusen, *Die Inoceramen-Schichten an der Olenek und der Lena* (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 7e sér., XXXIII, n° 7, 1886, 13 p., 2 pl.).

4. La description que Czekanowski a donnée des rochers de Menghilekh a été traduite par Fr. Schmidt et insérée dans Edm. Mojsisovics von Mojsvar, *Arktische Trias-Faunen. Beiträge zur palaeontologischen Charakteristik der Arktisch-Pacifischen Triasprovinz* (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 7e sér., XXXIII, n° 6, 1886, p. 4).

A l'extrême pointe de la rive droite, qui s'avance dans les alluvions, se montrent des fossiles appartenant au Carbonifère supérieur, entre autres *Spirifer mosquensis*. Immédiatement à l'Ouest de cette bande, le Trias apparaît : il constitue une petite partie de la rive droite et

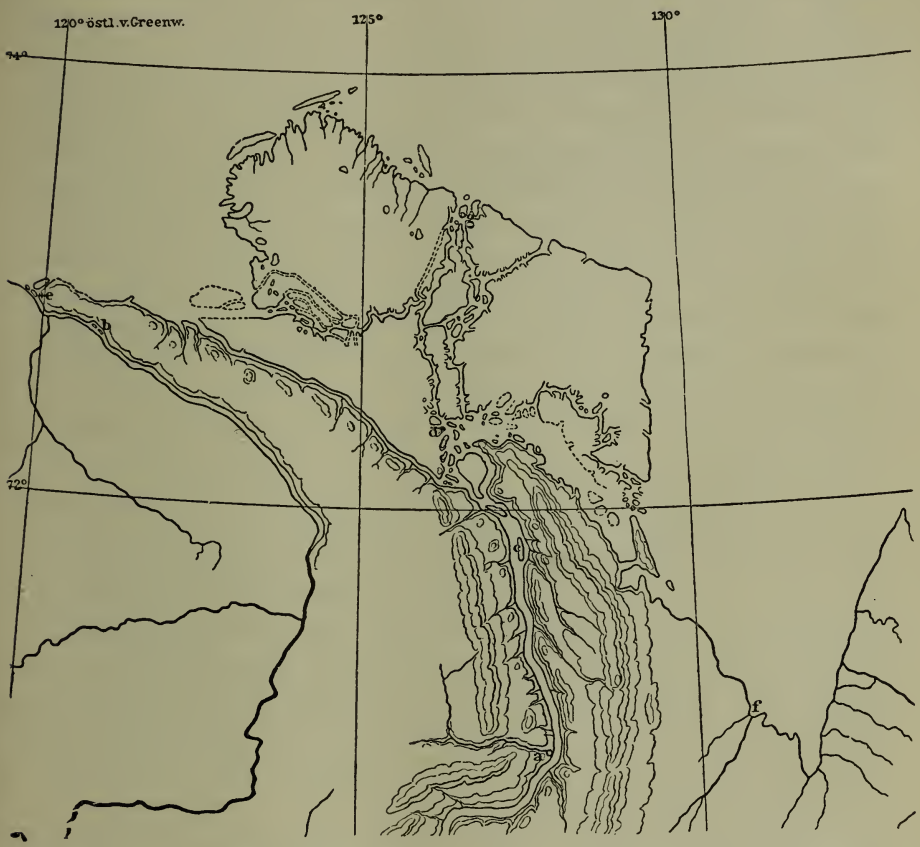


Fig. 241. — Le Delta de la Léna, d'après A. Eigner (*Beobaehtungen der Russischen Polarstation an der Lenamündung*, II. Theil. Expedition der Kaiserl. Geographischen Gesellschaft. In-4°, St.-Petersburg, 1886).

a, Aïakit; *b*, Menghilekh; *c*, Tass-Ari; *d*, Keghyl-Khaïa; *e*, Toumoul-Khaïa; *f*, Baie de Khara-Oulakh dans la Baie Borkhaïa; *g*, Station météorologique de Bouloun-Ketakh (Sagastyr). — Échelle de 1 : 4 000 000 environ.

plusieurs des îles voisines, depuis l'Ile Tass-Ari (*c*, fig. 241) jusqu'à la tête du delta en aval[1].

1. Toll, *in* Edm. Mojsisovics von Mojsvar, *Ueber einige arktische Trias-Ammoniten der nördlichen Sibirien* (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 7e sér., XXXVI, n° 5, 1888, p. 13 et suiv.); E. v. Mojsisovics, W. Waagen und C. Diener, *Entwurf einer Gliederung der pelagischen Sedimente des Trias-Systems* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss., Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CIV, Abth. I, 1895, p. 1288 et 1295, note 7); F. Noetling, *Lethaea mesozoica*, I. Gr. in-8°, Stuttgart, 1908, p. 200; C. Diener, *Ueber das untere triasische Alter der Olenekschichten* (Centralblatt. f. Min., 1908, p. 233-237).

A l'Est de cette ligne de hauteurs se trouve la Baie Borkhaïa, qui s'ouvre sur l'Océan Glacial; sur la côte située à l'Est de ce chaînon, dans la presqu'île qui s'en détache au Sud de 72°, on a trouvé un Mammouth en 1799.

Mais l'Olének ne marque pas encore l'extrême limite des plissements. Au delà de l'éperon qui sépare ici la Léna de l'Olének, et que Toll propose de nommer *Czekanowski-Khrébet*, ce géologue a observé une autre série de hauteurs, longeant la côte jusqu'à l'Anabar. Elle n'est séparée de la mer que par une bande étroite de toundra, et est constituée par des couches mésozoïques généralement inclinées vers le S.W. Le long du cours inférieur de l'Anabar, la série suivante affleure du Nord au Sud : Lias (à *Amaltheus margaritatus*), étage volgien, Néocomien, Oxfordien, Lias. Cette ligne de hauteurs est désignée par Toll sous le nom de *Prontchichtchev-Khrébet*. C'est là que commence l'avant-pays, c'est-à-dire le domaine des roches éruptives basiques et du plateau paléozoïque (III, Ire partie, p. 44).

Telles sont, disposées en coulisses, les extrémités libres de l'arc de Verkhoïansk.

De tristes souvenirs se rattachent à ces parages. En 1735, le lieutenant Lasinius et ses trente-cinq compagnons succombèrent au scorbut et à la peine dans la Baie de Khara Oulakh, à l'intérieur de la Baie Borkhaïa (*f*). A l'extrême pointe de l'éperon triasique de l'Olének (*e*), le hardi Prontchichtchev et sa femme périrent en 1736. Dans l'Ile Kheghyl Khaïa (*d*, à l'extrémité des îles triasiques de la Léna), le lieutenant De Long et presque tout l'équipage de la « *Jeannette* » moururent de privations en 1881, au retour fatal de la découverte de la Terre de Bennett, où le valeureux baron de Toll disparut pour toujours en 1902. Le laurier verdoie jusque dans les glaces [1].

Iana. — Des couches à empreintes végétales et l'étage volgien suivent la rive gauche de la Léna, en partant du Nord, jusqu'à Iakoutsk. Sur la rive droite, Bunge a rencontré, par 67° de lat. N., des schistes et des grès appartenant au Dévonien supérieur; Toll trouva les mêmes terrains sur le faîte de partage des eaux, au Nord et au Sud de 65° de lat. N., aux sources du Doulgolakh : ils y étaient recouverts par les sables glauconieux de l'étage volgien à Inocérames [2]. Meglitzky, se

[1. Voir A. Koltchak, *La dernière Expédition à l'Ile Bennett, organisée par l'Académie des Sciences pour la recherche du Baron de Toll*, r. (Isviestia Soc. Imp. Russe de Géogr., XLII, 1906, p. 487-519, 2 pl. phot.); Baronin Emmy von Toll, *Die russische Polarfahrt der « Sarja », 1900-1902*. Aus den hinterlassenen Tagebüchern von Baron Eduard von Toll. In-8°, 635 p., portrait, 50 fig. et pl., 1 carte, Berlin, 1909.]

2. Baron E. Toll, *Esquisse géologique des Iles de la Nouvelle-Sibérie*, p. 7.

dirigeant du confluent de l'Aldan vers le N.E., à travers la chaîne, rencontra jusqu'à une altitude considérable des couches ondulées contenant du charbon et des empreintes végétales, et plus loin, et jusqu'au sommet du col, des assises carbonifères fortement redressées à *Productus mesolobus*, etc. [1].

A l'intérieur de l'arc, trois rivières à peu près parallèles coulent vers le N.N.E. : le Grand Omoloï, qui tourne au N.N.W. et parvient ainsi à la Baie Borkhaïa, puis deux affluents de gauche de la Iana. le Boutantaï et le Doulgolakh. L'Omoloï est séparé du Boutantaï par les hauteurs de *Koular*, qui, dirigées vers le N.E., envoient leurs derniers contreforts jusqu'à la rive gauche de la Iana, par 70° 23′. Là se trouve le Rocher de Maghyl, connu pour ses fossiles du Trias inférieur [2]. Alors que, comme on l'a vu, c'est le Dévonien, le Carbonifère et l'étage volgien qui se montrent dans le Sud, au voisinage de la ligne de partage, Toll et Bunge ont rencontré sur un grand nombre de points, le long du Boutantaï, du Doulgolakh et de la Iana, des affleurements extraordinairement étendus de Trias à *Pseudomonotis ochotica*; le Trias s'étend, plissé, sur six degrés de latitude [3]. Au-dessus de cette vaste région de schistes et de grès se dressent des montagnes isolées de roches éruptives. Du porphyre quartzifère apparaît en amont de la ville de Verkhoïansk. Le granite affleure sur l'Adytcha, affluent de droite de la Iana (Yninakh-Khaïa, 1 625 m.).

La ligne de partage entre la Iana et l'Indighirka est constituée par la chaîne imposante du *Kœkh-Tass*, qui, dans sa partie septentrionale, dirigée vers le N.N.W., porte le nom de *Tass Haïakhtakh*. Wrangell a traversé cette chaîne entre 67° et 68° de lat. N. Sur le faîte de partage, aussi bien que sur les bords de l'Indighirka, il rencontra des schistes noirs de direction W. à N., transversale par conséquent à la chaîne et conforme à la structure générale de l'arc de Verkhoïansk [4]. Au voisinage de 70°, le Tass Haïakhtakh atteint la Iana. Sur son bord extrême au Nord, et déjà au delà de 70°, la carte de Toll indique du Trias. Puis vient, au Nord, une large toundra, que domine une série de quatre

1. N. Meglitzky, *Geognostische Beobachtungen auf einer Reise in Ost-Sibirien*, p. 140.

2. Edm. Mojsisovics von Mojsvar, *Ueber einige arktische Trias-Ammoniten*, p. 13 et suiv. Bunge a trouvé par 67° 30′ un fossile ressemblant à la *Gryphæa dilatata*; il est donc probable que des dépôts plus récents existent également dans cette région (Baron E. Toll, *Esquisse géologique des Iles de la Nouvelle-Sibérie*, p. 8).

3. Baron Eduard Toll, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, 3. Folge, III, 1887, p. 317-319; Schmalhausen, ibid., II, p. 3 et suiv.; Baron E. Toll, *Esquisse géologique des Iles de la Nouvelle-Sibérie*, p. 11 et suiv. [Voir aussi P. v. Wittenburg, *Ueber Triasfossilien vom Flusse Dulgolach* (Travaux Musée Géol. Pierre-le-Grand, S'-Pétersbourg, IV, 1910, p. 63-74, pl. 5).]

4. F. v. Wrangell, *Reise längs der Nord-Küste von Sibirien und auf dem Eismeere*, 1839, I, p. 170-173.

dômes de roches éruptives basiques. Le quatrième est un peu plus large; le Cap *Sviatoï Noss* en fait partie; Toll y signale du basalte à olivine. Le Sourouk-Tass, au voisinage du cap, a la forme d'un volcan à cratère.

Indighirka. — La ligne de partage entre l'Okhota et l'Indighirka a une importance capitale pour l'intelligence du Nord-Est de l'Asie. On possède heureusement sur cette région un travail important de Czerski [1].

Czerski partit de l'Aldan par 136° de long. E.; il traversa obliquement les montagnes, atteignit Oïmekon sur la haute Indighirka, et de là la Kolyma (fig. 242). Le paysage a un caractère alpestre, avec des pentes raides et des sommets aigus. Un massif considérable, le *Souantar Khaïata*, se dresse à la limite commune des trois bassins de l'Allakh-iouna (affluent de l'Aldan-Léna), de l'Okhota et du Souantar, qui se jette dans l'Indighirka. La partie culminante, comprise entre les branches supérieures du Souantar, est, au dire des indigènes, toujours couverte de neige; mais, bien qu'il existe dans l'espace qui s'étend jusqu'à la Kolyma des sommets de près de 2 300 mètres d'altitude, aucun n'atteint la limite des neiges persistantes. On ne trouve que de l'*Aufeis* (en russe *naledei*, en iakoute *taryn*), c'est-à-dire, au fond des vallées, des rubans de glace de quelques mètres d'épaisseur seulement, qui peuvent d'ailleurs atteindre jusqu'à 12 kilomètres de long. Du côté du Sud, vers l'Aldan, on les trouve à l'altitude de 900 mètres; mais au Nord, sur la Kolyma, ils n'apparaissent qu'au-dessus de 1 480 à 1 490 mètres. Telle est la forme que prend la glaciation dans les parties les plus froides de l'Asie [2].

1. Le relation de Czerski a été rédigée à Verkhné Kolymsk, peu de temps avant sa mort; les altitudes qui y sont données se rapportent, non au niveau de la mer, mais à la cote de la Léna près de Iakoutsk (65 m., la ville est à 90 m.); elles ont été reproduites sans modification sur notre fig. 243. Quant aux chiffres du texte, ils ont été transformés en hauteurs absolues. L'indication d'après laquelle Iakoutsk se trouverait à 500 pieds d'altitude doit provenir d'un malentendu (voir G. Maydell, *Reisen und Forschungen im Jakutskischen Gebiet Ostsibiriens*, 1896, II, p. 423, 424).

2. Voir Baron Gerhard Maydell, *Ueber die Taryne* (*Reisen und Forschungen in Jakutskischen Gebiet Ostsibiriens*, II, 1896, p. 1-33). [Voir aussi M. Podiakonov, *Sur les Naled en Sibérie Orientale*, r. (Isviest. Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIX, 1903, p. 305-337, 6 fig., 3 pl. phot.); P. Polynov, *A propos du sous-sol perpétuellement gelé et des formes de glace et de neige survivant à l'été dans la Province de l'Amour*, r. (Zemlévédénié, XVII, Moscou, 1910, n° 3, p. 35-48, 2 phot.). — On a cru longtemps que l'époque glaciaire n'avait laissé aucune trace dans les massifs montagneux de l'Est et du Nord de l'Asie (voir J. Geikie, *The Great Ice Age and its relation to the Antiquity of Man*, 3d ed. In-8°, London, 1894, p. 691 et suiv., carte pl. XIII; J. D. Whitney, *The Climatic Changes of Later Geological Times* (Mem. Mus. Comparat. Zool., Cambridge, VII, pt. 2, 1882, p. 346-354); etc.). Contrairement à cette manière de voir, les recherches récentes d'un géographe finlandais, le Dr Granö, ont montré que les chaînons du Nord de la Mongolie jouaient, pendant la période quaternaire, le rôle de centres de dispersion pour des glaciers

La zone montagneuse se décompose en quatre hautes chaînes, qui sont clairement indiquées sur la fig. 242. La première est la grande ligne de partage des eaux désignée par Czerski sous le nom de *Faîte de*

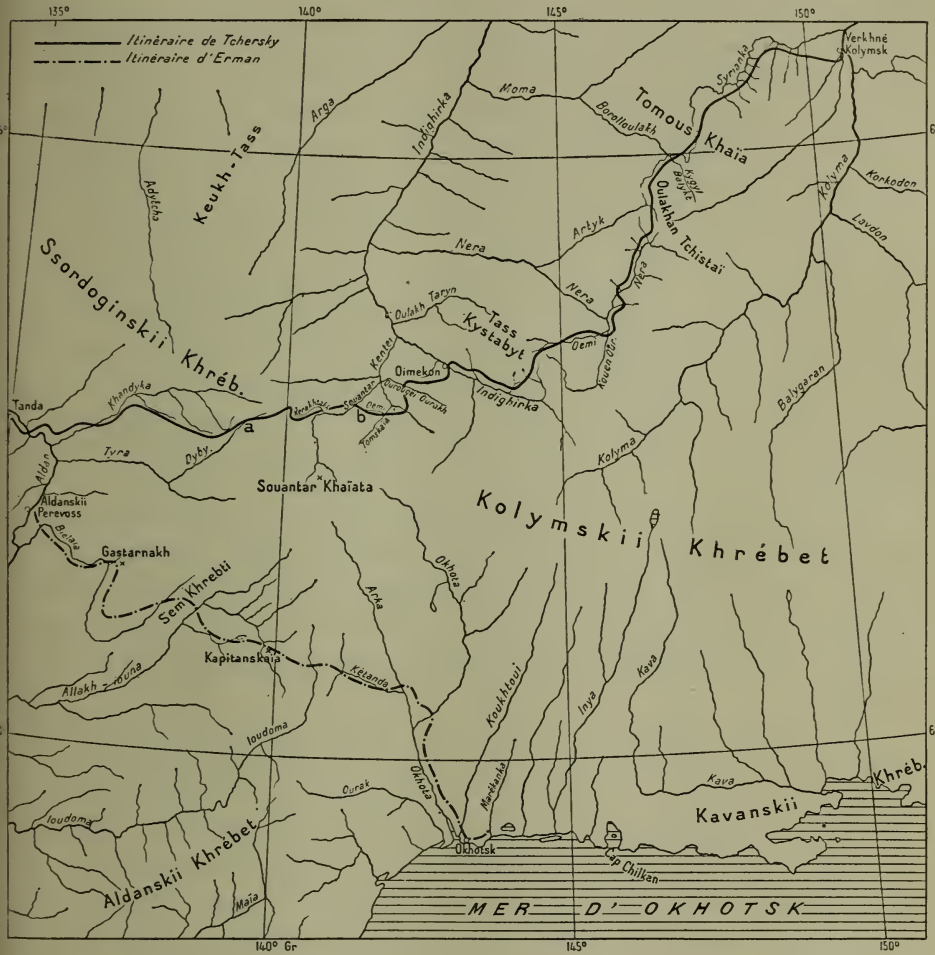


Fig. 242. — Carte de la région des sources de l'Indighirka (Sibérie orientale), d'après la pl. XVIII du tome III de l'édition allemande.

Échelle de 1 : 7 000 000 environ.

Verkhoïansk (7 700 pieds, environ 2 340 m.) : elle s'étend jusqu'à la branche supérieure de l'Indighirka, qui vient de l'E.S.E., et que les

de type alpin fort importants : J. G. Granö, *Beiträge zur Kenntniss der Eiszeit in der Nordwestlichen Mongolei und Südsibirien*. In-8°, 230 p., 9 cartes, 38 phot., 18 fig. Helsingfors, 1910 (Fennia, XXVIII, n° 5); résumé par A. Allix, sous le titre de : *Les glaciations quaternaires dans la Sibérie méridionale et la Mongolie occidentale* (La Géographie, Paris, XXV, 1912, 1er sem., p. 431-437, 8 fig.). La même conclusion ressort, d'ailleurs, des études détaillées

cartes désignent souvent à tort sous le nom d'Oïmekon. Au delà de l'Indighirka viennent les Monts *Tass Kystabyt* (6 800 pieds, 2 075 m.), qui se continuent au N.W. par une croupe aplatie de 1 580 à 1 600 mètres d'altitude environ; le versant septentrional est presque rectiligne et tombe en pente raide sur la Néra. Le troisième groupe de montagnes est l'*Oulakhan Tchistaï* (plus de 7 200 pieds, 2 200 m.); il a une centaine de verstes de large et porte, jusqu'à l'altitude de 6 200 pieds (1 828 m.), une vallée large de 7 kilomètres et entourée de hauts sommets. La haute Néra en descend vers le S.S.W., jusqu'à ce qu'elle rencontre le Kven Oulakh, venu dans la même direction du Tass Kystabyt, et, au delà de ce confluent, tourne vers le N.W. C'est dans leur partie Nord-Est que ces montagnes atteignent leur plus grande élévation; elles se terminent à la Moma, à son affluent le Boroll Oulakh, et à la vallée rocheuse du Kyghyl Balyktakh. Au delà de ces rivières vient le *Tomous Khaïa*, large de 90 kilomètres (7 900 pieds, 2 411 m.); à son extrémité Nord, il fait un coude vers le N.E.; sa hauteur décroît brusquement par 65° 50′. Au delà du Tomous Khaïa, la vallée de la Kolyma s'élargit : c'est là que se trouve Verkhné Kolymsk.

La configuration de ces montagnes ne concorde pas avec la direction de leurs terrains. Ils comprennent deux termes principaux : des calcaires, schistes et grauwackes paléozoïques, et des grès et schistes contenant *Pseudomonotis ochotica*, souvent aussi des empreintes de plantes, et accompagnés ou percés par de puissantes traînées de roches éruptives.

La bordure externe des montagnes, du côté de l'Aldan, présente déjà des couches à empreintes végétales (N?, fig. 243) appartenant au Néogène ou à l'étage volgien, plissées, de direction N.N.E., transversale par conséquent à la direction du faîte de partage. Vient ensuite un grand synclinal oblique, de direction N. 10°-15° E., constitué par des calcaires à *Favosites* et *Halysites*, qui se relèvent fortement vers l'Est et laissent apparaître de ce côté des schistes plus anciens, d'âge paléozoïque. Le Trias, très épais, de direction N. 10°-20° E. (*a*, fig. 243), s'y appuie en discordance. La ligne de partage entre le Dyby et le Kerakhtakh, c'est-à-dire entre la Léna et l'Indighirka, est formée par une bande de roches éruptives (1 878 m.) surgissant au milieu des schistes triasiques. Toutefois, la direction N.N.E. du Trias se maintient sur tout le cours du

poursuivies par les géologues russes beaucoup plus à l'Est, dans le haut bassin de la Léna, où une véritable *Inlandsis* aurait temporairement existé; voir les notices explicatives de la *Carte géologique de la région aurifère de la Léna* : *Description de la feuille II-6*, par A. Guerassimow. In-8°, St-Pétersbourg, 1904, p. 202 et suiv. (vallée de la Nygri); *Description des feuilles IV-1 et IV-2*, par W. A. Obroutchew, 1907, p. 284-286; *Description des feuilles V-1 et V-2*, par le même, 1910, p. 310-312 (bassin du Vitim); ces documents ont paru dans la série intitulée : *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie*.]

haut Souantar jusqu'à la petite rivière Oémi, qui se jette dans une autre branche du Souantar, la Tomskaïa. Là (*b*, fig. 243), les couches présentent un pendage inverse; *la direction passe à l'E.N.E.*, et se maintient telle jusqu'à l'Indighirka.

La direction des plis est donc, de l'Aldan au Souantar, N.N.E., et à partir de là devient E.N.E.: en d'autres termes, *la direction des Monts Aldan se continue jusqu'au Souantar, et y rencontre la direction de l'arc de Verkhoïansk.*

Le Tass Kystabyt appartient tout entier au Trias; et c'est là aussi qu'on trouve les traînées éruptives les plus puissantes. L'une d'elles a été suivie par l'explorateur sur 42 kilomètres, le long des affluents supérieurs de gauche de l'Indighirka, et une traînée non moins importante affleure sur le versant qui regarde la Néra. Des plis parallèles de schistes triasiques forment le versant de l'Oulakhan Tchistaï, qui vient ensuite; leur direction est toujours E.N.E.; après une courte déviation vers le N., elle devient sur le haut Artyk E.-W., puis, sur le Boroll Oulakh, très régulièrement W.N.W.; l'inclinaison dominante est vers le Nord. Il y a des intercalations de granite. Puis une deuxième zone paléozoïque, puissante, avec de hauts sommets, apparaît sur le Boroll Oulakh, ainsi que sur le Kyghyl Balyktakh; elle présente, comme le Trias, la direction W.N.W. et embrasse aussi toute la moitié Sud-Ouest du Tomous Khaïa. La structure générale est celle d'une

FIG. 243. — Les montagnes de Verkhoïansk entre l'Aldan et l'Indighirka. — Itinéraire se développant de l'Ouest à l'Est, d'après Czerski.

Pal. Silurien; T. Trias; E. Roche éruptive; N. Néogène ou étage volgien (?) avec empreintes végétales; Q. Alluvions récentes; *a*. Allure discordante de T sur Pal; *b*. Changement de direction dans T.

Les hauteurs (en pieds anglais) sont rapportées au niveau de la Léna près de Iakoutsk (214 p. au-dessus de la mer). — Échelle de 1 : 2 000 000

voûte de quelque 90 kilomètres de large; cependant, là encore, une enclave de roches éruptives, large de 24 kilomètres, s'insère sur le flanc Nord-Est. Plus loin, des plis paléozoïques sortent du Trias, toujours avec la même direction W.N.W. Les montagnes, plus loin aussi, sont faites de Trias, jusqu'à ce qu'enfin, en approchant de Verkhné Kolymsk, on voie apparaître des sédiments plus récents, avec des feuilles de Dicotylédones et du lignite.

Czerski était parti de l'idée ancienne que les Monts Aldan et les Monts de la Kolyma sont des prolongements des Stanovoï, coudés aux sources de l'Okhota. Ayant reconnu que les deux zones paléozoïques de direction contraire, N.N.E. sur la Khandyga et W.N.W. sur le Kyghyl Balyktakh, présentaient respectivement les mêmes directions que les deux branches du rebroussement de la haute Okhota, il les considéra comme des horsts d'un système montagneux plus ancien. Les faits s'expliquent plus simplement si l'on admet, comme nous l'avons fait, *que les reliefs qui présentent la direction N.N.E. font encore partie des Monts Aldan.* Dans ce cas, le Souantar Khaïata y serait également compris. En toute hypothèse, la section qui va du Souantar à Verkhné Kolymsk (fig. 244) suit la direction normale de l'arc de Verkhoïansk. La discordance qui se montre à la base du Trias, au Nord comme au Sud, révèle un plan semblable et plus ancien; le plissement récent, ici comme sur la basse Léna, affecte tous les terrains, au moins jusqu'à l'étage volgien; et, d'un côté comme de l'autre, on ne rencontre ni gneiss, ni schistes prépaléozoïques.

On a déjà fait remarquer précédemment (III, 1re partie, p. 160) qu'autour d'Okhotsk, une inflexion des montagnes du N.N.E. au N., telle que l'indiquent les cartes, ne peut s'inférer de la direction des terrains. Erman, traversant les montagnes entre le gué de l'Aldan (Aldanskii Pérévoss) et Okhotsk, ne rencontra sur ce trajet et jusqu'à la Marékanka, à l'Est d'Okhotsk, que des roches dirigées N.N.E. Afin de pouvoir comparer ses observations, déjà résumées précédemment (III, 1re partie, p. 159), avec celles de Czerski, on a, sur la fig. 242, rapproché de la carte de Czerski celle de Maydell, et on y a porté l'itinéraire d'Erman [1].

Sur l'Aldan, Erman vit des grès et des argiles, ceux-là mêmes, supposa-t-il, dans lesquels Sauer, le compagnon de Billings, signale des troncs d'arbres fossiles : c'est sans doute le prolongement des couches marquées *N*? sur la fig. 243. En remontant la Biélaïa au delà de Gastarnakh, jusqu'aux Sem Khrebti, les montagnes sont faites de calcaire; la direction N.N.E. prouve que ces terrains correspondent aux

1. Ad. Erman, *Reise um die Erde, durch Nord-Asien und die beiden Oceane in den Jahren 1828, 1829 und 1830.* In-8°, Berlin, 1833-1848; III, 1. Abth., p. 89.

calcaires paléozoïques observés par Czerski sur la Khandyga et le haut Dyby. Les Sem Khrebti consistent, jusqu'à Allakh-iounsk, en schistes argileux gris clair à reflets talqueux, plongeant fortement vers le S.W.; d'après leur allure, ils correspondraient aux schistes paléozoïques inférieurs à l'Ouest de *a*. Les schistes argileux noirâtres du bord oriental de l'Allakh-iouna, les schistes siliceux avec traces d'*Equisetum*, au-dessus d'Antcha, et une roche éruptive pierreuse considérée comme de la phonolite, pourraient alors correspondre à la zone de Trias, avec ses

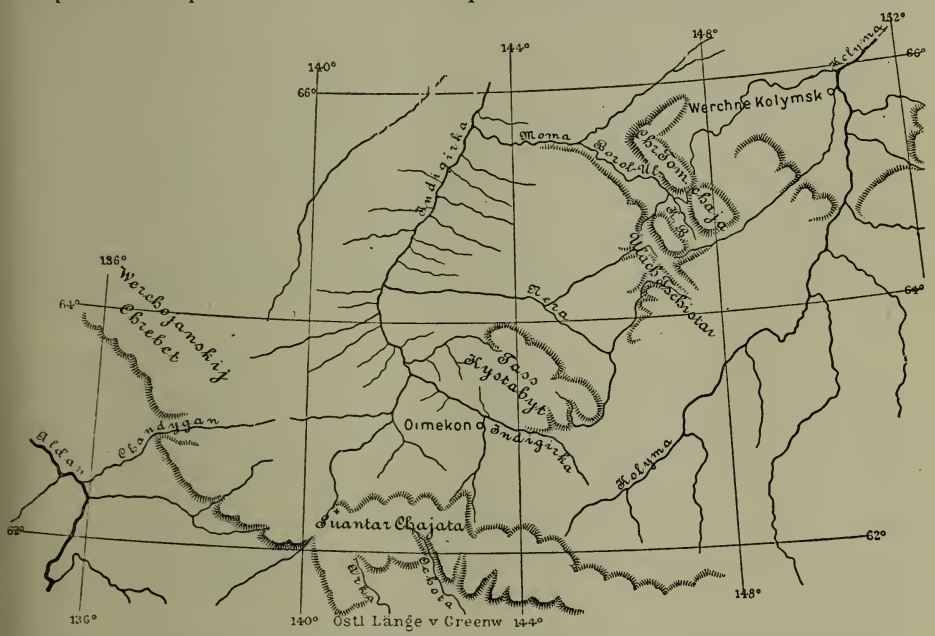


Fig. 244. — Esquisse du cours supérieur de l'Indighirka et de la Kolyma, d'après Czerski. K. B. = Kygyl-Balyktach. — Échelle de 1 : 7 500 000 environ.

empreintes végétales et ses roches éruptives, jusqu'au changement de direction qui se produit entre le Souantar et l'Oémi, point où, sur la route suivie par Czerski, s'arrête la direction N.N.E. des Monts Aldan (*b*, fig. 243). Mais l'itinéraire d'Erman comprend encore d'autres zones de direction N.N.E. La première, formée de grès, de conglomérats et de grauwackes, comprend le Mont Kapitan et s'étend, par les sources de la Ioudoma, jusqu'à la haute Kétanda. Là, Erman arriva dans une large zone de porphyre, à laquelle appartient la plus grande partie de la Kétanda, ainsi qu'une grande partie de l'Arka, de l'Okhota et du Koukhtoui. On a vu que Bogdanovitch avait rencontré dans ces régions des roches récentes, notamment de l'andésite.

Tous les reliefs au Sud et à l'Ouest de la limite hydrographique du Souantar, du côté de l'Oémi, ainsi que jusqu'à la grande Marékanka, étant

dominés par la direction N.N.E., cette région doit être considérée, au point de vue tectonique, comme une dépendance des Monts Aldan.

Kolyma. — De l'embouchure de l'Indighirka à celle de la Kolyma, on ne connaît pas de rochers sur la côte de l'Océan Glacial; les quelques caps qui dépassent 20 mètres de hauteur ne sont formés, d'après Kosmin, que d'un limon gris. C'est seulement dans les Iles des Ours, au large de la Kolyma, que les conditions changent [1].

La rive occidentale de ce fleuve est, jusqu'au delà de Sredné Kolymsk, une vaste plaine; la rive droite est rocheuse. De ce côté, la Kolyma reçoit, entre 68° et 69°, d'abord l'Omolon, puis, après un grand coude, le Grand et le Petit Anouï. Entre ce dernier et l'Océan Glacial se trouve un important massif montagneux. La partie Sud-Ouest est la plus considérable : elle atteint, d'après Wrangell, 764 mètres dans les *Montagnes Blanches*. La rivière Poghinden, qui vient du Nord et se jette dans le Petit Anouï, limite les Montagnes Blanches à l'Est. Des contreforts s'avancent au delà de la Grande Baranykha jusqu'à la Baie du Tchaoun.

Billings avait déjà vu, en 1787, des hauteurs formées de schiste et de quartz au Nord de Nijné Kolymsk, au bord de l'Océan Glacial, et Wrangell signale des affleurements semblables le long de la basse Kolyma. Sur le Petit Anouï et sur le bas Poghinden, à peu près entre 67° et 67° 36′ de lat. N. et entre 165° et 166° de long. E., ces roches ont une direction N.E. à N. 80° E.; elles y sont associées à des conglomérats, comme les schistes triasiques des sources de la Kolyma. Sur la basse Baranykha, au contraire, à peu près entre 68° 34′ et 69° 9′ de lat. N., des schistes analogues, avec des bancs de conglomérat, présentent la direction N. 30° W. D'après ces observations anciennes, *il semble que la direction normale de l'arc de Verkhoïansk s'arrête aux sources du Poghinden.* Le faîte de partage est constitué par des conglomérats. De part et d'autre, on signale une « roche verte de transition » identique. Le Grand Cap Baranov, qui représente la continuation des affleurements de la basse Baranykha, est formé par deux croupes rocheuses dirigées vers l'W.N.W. et faites de schistes et de granite clair; des roches semblables constituent le Petit Cap Baranov et les Iles des Ours [2].

On a ainsi l'impression *que l'apparition d'un rivage rocheux à l'Est de la Kolyma inférieure*, c'est-à-dire l'existence des deux Caps Baranov

1. Kosmin, *in* F. v. Wrangell, *Reise längs der Nord-Küste von Sibirien*, 1839, II, p. 32 et suiv.
2. Mart. Sauer, *Billings' Reise nach Sibirien*, etc. In-8°, Berlin und Hamburg, 1803, p. 79; F. v. Wrangell, *Reise längs der Nord-Küste von Sibirien*, etc., II, p. 122-124 : Poghinden; II, p. 118-119 : Baranykha; II, p. 102-107 : Monts Baranov; I, p. 302 : Iles des Ours; II, p. 143 : « roche verte de transition » (*Uebergangsgrünstein*).

et des Iles des Ours, *correspond réellement à la côte à rias d'une zone montagneuse, dirigée vers le N.W. ou l'W.N.W., et coupant obliquement l'arc de Verkhoïansk.* On verra bientôt que Bogdanovitch est arrivé à un résultat analogue.

Sur la Bérésovka, qui finit au-dessous de Sredné Kolymsk, Tolmatchev signale du porphyre et de la diabase[1].

Là s'arrêtent les renseignements que nous possédons sur la structure de l'arc de Verkhoïansk. Il en ressort que, jusqu'à présent, on n'y a pas trouvé de roches pré-paléozoïques, et que les hauteurs comprises entre l'embouchure de la Léna et celle de l'Olének représentent les extrémités libres de l'arc. Par contre, une question importante reste pendante. En 1898, j'ai admis, par analogie avec la structure de beaucoup d'arcs asiatiques, que le plissement était dirigé vers l'extérieur, c'est-à-dire vers la convexité; peu après, le baron de Toll émit l'opinion que, de l'allure des plis, on devait conclure à une poussée vers l'intérieur, c'est-à-dire vers la concavité. Je me range à l'avis de ce voyageur éprouvé, qui a traversé la chaîne en plusieurs points, bien qu'Emerson et Bogdanovitch croient ma première hypothèse correcte[2].

Penjina. — Sur les reliefs peu connus qui longent la Mer d'Okhotsk au Nord, Sliounin nous apporte quelques renseignements. Nous voyons d'abord que les Monts de la Kolyma, c'est-à-dire le faîte de partage de la Kolyma, sont précédés du côté de la mer par une chaîne indépendante, que Sliounin appelle Morskii Khrébet (« Montagnes Maritimes »), et que nous désignerons, pour éviter des confusions, sous le nom de *Monts de la Kava*[3].

1. I. P. Tolmatschow, *Bodeneis vom Fluss Beresowka, Nord-Ost-Sibirien* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Gesellsch., XL, 1903, p. 415-452, 4 pl., 1 carte).

2. Ed. Suess, *Ueber die Asymmetrie der nördlichen Halbkugel* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CVII, Abth. I. 1898, p. 89 et suiv.); Baron Ed. Toll, *Esquisse géologique des Iles de la Nouvelle-Sibérie*, 1899, p. 16; Ed. Suess, *in* B. C. Emerson, *The Tetrahedral Earth and Zone of the Intercontinental Seas* (Bull. Geol. Soc. of America, XI, 1900, note de la p. 97); K. Bogdanovitch, *Esquisse de la Presqu'île des Tchouktches*, r. In-8°, St-Pétersbourg, 1901, p. 142, note. [Les études récentes des géologues russes ont conduit à la découverte, dans la région de l'Olekma, au Nord des Monts Kropotkin (III, 1re partie, p. 59), d'un vaste territoire métamorphique, dont les plis parallèles, s'orientant E.S.E. sur de grandes distances, sont *déversés au Sud*, et recoupés de failles longitudinales (voir les coupes jointes aux feuilles I-6/7 et III-6 de la *Carte géologique de la Région aurifère de la Léna*, à 1 : 42 000, par A. Guérassimow, St-Pétersbourg, 1907-1910). Pour un tableau d'ensemble, voir la belle *Carte géologique d'une partie du système aurifère de l'Olekma et de la Vitim*, à 1 : 840 000, annexée à la Livr. V des *Explorations géologiques dans les Régions aurifères de la Sibérie* (*Région aurifère de la Léna*), St-Pétersbourg, 1910, et la *Carte géologique d'une partie de la région aurifère d'Olekma-Vitim*, à 1 : 210 000, dressée par V. Obroutchew, A. Guérassimow et P. Préobragensky, 1907, comprise dans la Livr. IV de la même série.]

3. N. V. Sliounin, *Le pays d'Okhotsk et le Kamtchatka*, r. 2 vol. in-8°, nombreuses pl. et fig., 1 carte, St-Pétersbourg, 1900 (Édition du Ministère des Finances); en particulier I, p. 169 et suiv.

Les Monts de la Kolyma diffèrent, comme on l'a vu, des longues chaînes rocheuses qui constituent les Monts Aldan, et ressemblent plutôt au bord d'un vaste plateau. Les cours d'eau, qui descendent vers le Sud et le Sud-est, se sont creusé des vallées étroites et encaissées ; mais lorsque, suivant l'une de ces vallées, on est arrivé au faîte, on se trouve dans une région élevée qui ressemble à une toundra, et l'on remarque qu'un grand nombre de ces cours d'eau sortent de lacs ou de marais.

Certains marais versent leurs eaux d'une part à la Mer d'Okhotsk, de l'autre à la Kolyma[1]. Sliounin regarde ces hauteurs comme le prolongement du plateau d'Oimékon ; à l'Est, du côté de la Ghichiga, il rencontra dans les contreforts de la diorite et de la diabase. Autant qu'il est permis de tirer des conclusions de caractères de ce genre, on peut supposer que les schistes argileux triasiques à diabase qui occupent l'espace, de 400 kilomètres de large, compris entre le Souantar et le Boroll Oulakh, et qui sont si répandus le long de la Kolyma, jouent aussi un rôle prépondérant dans la constitution des Monts de la Kolyma.

A l'Est d'Okhotsk et de la rivière Inia, par environ 145° 30′ de long. E., s'avance le Petit Cap Chilkan : il marque le commencement des Monts de la Kava (fig. 242). A l'Est de ce point, la rivière Kava, descendue des Monts de la Kolyma, du Nord au Sud, fait un angle droit, tourne à l'Est, et, jusqu'à son embouchure dans la Baie du Taoui, coule dans une vallée longitudinale importante, séparant les Monts de la Kolyma des Monts de la Kava, qui les précèdent du côté de la mer. Ceux-ci se continuent dans la direction de l'Est par plusieurs îles situées dans la Baie du Taoui et forment le promontoire qui plonge sous la mer à l'Est, en donnant naissance aux Iles de la Iama. Sur le côté méridional de cette presqu'île, Sliounin signale du pétrole[2], sur d'autres points une source chaude, des bancs lignitifères et des couches contenant des empreintes de Poissons et des coquilles ; il note aussi du graphite au Cap Iret (près de 155° 30′) et, à l'extrémité orientale de la presqu'île, des rognons isolés de calcédoine comme ceux qui, sur la côte opposée du Kamtchatka, annoncent un peu partout l'affleurement d'amygdaloïdes décomposées.

Enfin, plus au Nord-Est encore, dans une région qui déjà n'appartient plus aux Monts de la Kava et où les Monts de la Kolyma s'écartent de la mer beaucoup plus que les cartes ne l'indiquent, Sliounin décrit, aux sources de la petite rivière Kalalaghi (157° 30′), un groupe d'orifices

1. Baron Gerhard Maydell, *Reisen und Forschungen im Jakutskischen Gebiet Ostsibiriens*, II, 1896, p. 368 et suiv. ; voir aussi K. Hiekisch, *Esquisse orographique de la Sibérie Orientale*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXI, 1897, p. 38 et suiv.).

2. C'est seulement ainsi que je parviens à m'expliquer le passage du tome I, p. 120.

volcaniques récents. Dans les vallées voisines, il signale de la pierre ponce et du soufre[1].

Tous ces traits sont étrangers au plateau d'Oïmekon et aux Monts de la Kolyma, et indiquent un rapport avec la côte du Kamtchatka et les parties de la presqu'île de Taïgonoss dont il va être question; ils rappellent aussi, bien qu'à un moindre degré, les pointements andésitiques signalés par Bogdanovitch sur la Marékanka, près d'Okhotsk. Au Cap Varkhalam (61° 36′ de lat. N.), à l'intérieur de la Baie de Ghichiga, on arrive dans d'autres terrains : à cette extrémité Nord-Est de la Mer d'Okhotsk règne une série de chaînons assez bas et assez courts, tous orientés vers le N.N.E., où l'on a trouvé du granite, de la syénite, du gneiss, des micaschistes et des schistes argileux[2]. Le premier chaînon, peu élevé, est situé à l'Ouest de la Baie de la Penjina : ce sont les *Montagnes Russes*, qui finissent au Cap Barkhalam. Le deuxième est formé par les *Monts Taïgonoss*, qui descendent dans la partie orientale de la presqu'île. Les hauteurs de l'*Innaïkhat* s'étendent à l'Ouest du cours inférieur de la Penjina sur une certaine distance vers l'intérieur. Enfin les *Monts Mametchi* longent la côte Est de la Baie de Penjina et séparent ainsi les affluents du « Grand Lac » (Bolkhoé Ozéro) de la mer. Au Nord, le lac se déverse dans la Talofka. L'espace compris entre ces hauteurs et la mer est occupé par une toundra, et lorsque, au bord de la mer ou sur les rives des cours d'eau, le substratum affleure sous les mousses, on aperçoit des assises tertiaires caractérisées tantôt par des coquilles marines, tantôt par du lignite. La plupart du temps, elles sont associées à des tufs basaltiques, et aussi à des intercalations rocheuses de basalte et de trachyte. Il en est ainsi près de Mametcha et le long de la Talofka, sur le bord Est de la Baie de la Penjina, et des deux côtés de la Baie de Ghichiga. Dall a rapporté les coquilles de la Coal Bay (60° 17′ de lat. N., 161° 55′ de long. E.) au Miocène; elles présentent des caractères subtropicaux[3].

Anadyr, Kamtchatka et Kouriles. — Nous revenons sur ce qui a été déjà dit de cette région (II, p. 298), pour rechercher les quelques indices connus jusqu'à présent d'une continuation du côté de l'Anadyr,

1. N. V. Sliounin, *Le Pays d'Okhotsk et le Kamtchatka*, I, p. 114.

2. C. von Dittmar, *Ein Paar erläuternde Worte zur geognostischen Karte Kamtschatka's* (Bull. physico-mathem. Acad. Imp. des Sc., S'-Pétersbourg, XIV, 1856, p. 241-250, carte); le même, *Reisen und Aufenthalt in Kamtschatka in den Jahren 1851-1855* (Beitr. zur Kenntn. d. Russischen Reichs, 3. Folge, VII, 1890, p. 466-676, en particulier p. 515); Sliounin, *Le Pays d'Okhotsk et le Kamtchatka*, I, p. 121 et suiv.; K. Bogdanowitsch, *Geologische Skizze von Kamtschatka* (Petermanns Mitteil., L, 1904, p. 59 et suiv., pl. 5 : 2 cartes).

3. W. H. Dall, *Subtropical Miocene Fauna in Arctic Siberia* (Proc. U. S. Nat. Museum, XVI, 1893, p. 471-478); voir aussi Krahmer, *Russland in Asien*, V. In-8°, Berlin, 1902, p. 73, carte.

et pour introduire ensuite quelques remarques générales se dégageant d'une nouvelle et importante description du Kamtchatka due à Bogdanovitch[1].

Sur les côtes de l'Ile *Karaginski* (58° 30′ à 59° 12′) apparaissent des couches tertiaires inclinées et dirigées vers le N.E.; l'intérieur de l'île, qui dépasse 600 mètres d'altitude, est inconnu[2].

Bien que le Chéveloutch (56° 40′) soit le sommet le plus septentrional de la grande zone des volcans, on voit encore bien plus au Nord des indices d'activité volcanique, et là même où il est impossible de voyager en été sur le sol détrempé, et où la neige recouvre tout le pays en hiver, des sources chaudes se révèlent à travers la neige. Sliounin en donne une liste jusqu'à 59° de lat. N.; on en connaît jusque sur le Tamlat (59° 25′). Le même observateur mentionne du soufre en bancs sur la Baie Iaïghwyn (à l'Ouest de la Baie Korff, 60° de lat. N.) et Ditmar entendit parler de sources thermales dans la Presqu'île d'Olioutor (60° à 60° 30′)[3].

Au delà de 60°, les montagnes du Kamtchatka font place à une vaste toundra. Les Olioutorzes disent qu'ils traversent un pays plat pour aller de Koultouchnoïé (au fond de la Baie Korff) à la Talofka et à la Mer d'Okhotsk[4].

Nous arrivons ainsi à la dépression du *Parapolski Dol*. Elle commence par environ 60°, près de la côte occidentale du Kamtchatka, s'étend à l'Est jusqu'à l'extrémité septentrionale des montagnes, embrasse le Grand Lac, reste séparée à l'Ouest de la Baie de la Penjina par la croupe des Monts Mametchi et s'étale ensuite largement jusqu'à la Mer de Bering. C'est la « *Mer de Mousse* ». Maydell, allant de Markovo (Anadyrsk) à Ghichiga, ne traversa que des contreforts peu élevés des Monts de la Kolyma; Kennan a reconnu que la Penjina n'est séparée

1. K. Bogdanowitsch, mém. cité (Petermanns Mitteil., L, 1904, p. 59 et suiv.); pour les volcans de l'Ouest, voir V. N. Tioukhov, *La Côte occidentale du Kamtchatka*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXVII, 520 p., carte, 1906), et Bogdanovitch, ibid., préface, p. IX.

2. Alex. Postels *in* Lütke, III, p. 91-94. Une carte de l'île a été donnée par G. E. H. Barrett-Hamilton et H. O. Jones, *A visit to Karaginski Island, Kamchatka* (Geogr. Journ., XII, 1898, p. 281).

3. N. V. Sliounin, *Le Pays d'Okhotsk et le Kamtchatka*, I, p. 184, 209; K. von Ditmar, *Reisen und Aufenthalt in Kamtschatka*, p. 670, 795; Ad. Erman, *Reise um die Erde durch Nord-Asien und die beiden Oceane*, I, 3e partie, p. 376. Erman signale la présence de soufre, provenant des profondeurs du sol et se déposant par sublimation, sur la rivière Tamlat et au Nord de ce cours d'eau, au Mont Olioutor. Une vue des gisements de la Baie Korff, ou plutôt du manteau de neige qui les recouvre se trouve dans Vanderlopp-Hulbert, *In Search of a Siberian Klondyke*. In-8°, New York, 1903, p. 244. D'après la description, on pourrait croire qu'il s'agit du cratère d'un volcan dont les pentes sont peu inclinées.

4. K. von Ditmar, p. 670. Sliounin indique, il est vrai, plusieurs chaînes de montagnes au Nord de 60°; mais comme il a consciencieusement reporté ses itinéraires, on reconnaît que ce figuré ne peut s'appliquer qu'aux lignes de partage des eaux, qui étaient dessinées sur les anciennes cartes selon la façon schématique ordinaire.

FIG. 245. — Orographie du Kamtchatka, d'après K. Bogdanovitch et N. Leliakin (*Pettermanns Mitteil.*, L, 1904, pl. 5).

Échelle de 1 : 5 000 000.

que par un faîte bas du grand affluent de droite de l'Anadyr, le Maïn [1]. Je ne connais aucun témoignage sûr qui établisse l'existence de montagnes continues, à l'Est de cette ligne de partage et jusqu'à la mer. Les Caps Navarin et Saint-Thaddée sont, il est vrai, rocheux, et d'une hauteur notable; mais il se peut qu'ils fassent partie des reliefs volcaniques isolés qui sont fréquents dans les formations tertiaires de ces régions septentrionales.

La seule exception consiste dans les hauteurs du *Palpal*, qui n'ont encore été visitées par aucun voyageur. La rivière Maïn les entoure en décrivant un grand arc de cercle. Les blocs polis par la glace qui descendent du versant septentrional dans la dépression de l'Anadyr sont formés, d'après Bogdanovitch, de granite à microcline, de porphyre quartzifère, de syénite, de porphyre augitique, etc. La dépression, ici encore, est constituée par des couches tertiaires à lignite. Des deux côtés du liman de l'Anadyr s'élèvent des collines de basalte et d'andésite. Des roches semblables forment aussi l'Ile Alioumka (« Ile du Sarcophage »). Au Sud du liman apparaissent des schistes argileux [2].

Quant à la question de savoir si les montagnes voisines de la Baie Sainte-Croix doivent être également comprises dans cette zone, elle reviendra plus loin.

Les sédiments tertiaires, associés sur bien des points à des déjections volcaniques, se continuent, vraisemblablement sans interruption, de la Mer d'Okhotsk au Palpal et à l'Anadyr. Une large communication a existé entre les Mers d'Okhotsk et de Bering. Ces dépôts tertiaires sont, ainsi qu'on l'a vu, considérés par Dall comme miocènes à la Coal Bay; d'après Schmidt et Bogdanovitch, les sédiments analogues qu'on observe sur la côte occidentale du Kamtchatka seraient plus récents. Sur bien des points, on signale des plissements.

Revenons au Kamtchatka (fig. 245).

Les précieuses additions apportées par Bogdanovitch à notre connaissance de cette péninsule laissent subsister, d'une façon générale, les traits fondamentaux de l'esquisse que nous en avons donnée précédemment, d'après Erman et Ditmar; mais, avec l'importance que prennent désormais les volcans du centre de la presqu'île, celle de la courte ligne de volcans de la côte occidentale diminue, ainsi que l'indique d'ailleurs

1. Baron Gerhard Maydell, p. 374; G. Kennan, *Zeltleben in Sibirien*, deutsche Ausgabe, p. 258. D'après Kennan, il existerait une communication par eau presque ininterrompue entre la Mer de Bering et la Mer d'Okhotsk.

2. K. Bogdanovitch, *Esquisse de la Presqu'île des Tchouktches*, r. In-8°, St-Pétersbourg, 1901, p. 130, 140, note. [Sur l'extrême Nord-Est de la Sibérie, consulter : I. P. Tolmatchev, *Voyage à la Presqu'île des Tchouktches dans la Mer Glaciale. Rapport préliminaire sur l'Expédition dirigée en 1909 de l'Embouchure de la Kolyma au Détroit de Bering* (r.). In-8°, 117 p., 1 carte, fig. St-Pétersbourg, 1912.]

la description de Tioukhov (II, p. 299). Nous apercevons, en somme, une ancienne Cordillère, injectée de granite et de porphyre et surmontée de nombreux volcans, ces deux éléments — la Cordillère et les volcans, — partout où se manifeste une orientation définie, épousant la direction N.E., ou N.N.E.; puis, le long de la côte orientale, une ligne maîtresse de volcans, que quelques tronçons de la Cordillère précèdent encore du côté de la mer. Il faut ajouter que les volcans de l'intérieur sont fréquemment caractérisés par des lacs-cratères, mais que, si l'on fait abstraction des sources chaudes de l'intérieur, *l'activité volcanique est aujourd'hui limitée exclusivement à l'alignement principal de l'Est*. C'est aussi cette ligne qui se prolonge seule dans les Kouriles. Du Chévéloutch (56° 40′) à Hokkaido, c'est-à-dire sur plus de 13 degrés de latitude, les anciens observateurs ont compté 28 cônes fumants. Cette liste, en particulier pour les Kouriles, est incomplète. Bogdanovitch pense que les volcans de l'alignement principal du Kamtchatka sont en général plus récents que ceux de l'intérieur, en raison de l'altitude plus faible de leurs orifices. Quoi qu'il en soit, on ne saurait méconnaître *un déplacement de l'activité volcanique, de l'intérieur vers la courbe de la ligne maîtresse*.

On verra qu'il en est de même dans les Alaskides. Remarquons en même temps que l'arc de Verkhoïansk ne possède absolument pas de montagnes volcaniques, à l'exception de quelques dômes basaltiques situés au voisinage de l'Océan Glacial, et que la grande ligne volcanique comprend tous les volcans situés près du bord externe de la grande virgation des Anadyrides, et en même temps tous les volcans actifs de la région entière.

L'arc est enveloppé par une longue avant-fosse, qui descend, comme on l'a dit, à — 8 513 mètres au large des Kouriles.

II. — **Alaskides**[1].

Aux longues chaînes de plissement qui longent la côte américaine du Pacifique se raccorde au Nord-Ouest, par un rebroussement (*Schaar-*

[1. Sur la géologie de l'Alaska en général, consulter la *Geologic Map of North America compiled by the* United States Geological Survey *in cooperation with the* Geological Survey of Canada *and* Instituto geologico de Mexico *under the supervision of* Bailey Willis *and* George W. Stose. Scale 1 : 5 000 000, Washington, 1911 [2e éd. de la *Carte géologique de l'Amérique du Nord* publiée en 1906], feuille N.W.; *Map of Alaska showing the known distribution of Mineral Resources*, compiled under the direction of A. H. Brooks. Scale 1 : 5 000 000 (U. S. Geol. Survey, Bull. 345, 1908, pl. I); *Map of Alaska, showing distribution of Mineral Deposits*, compiled under the direction of A. H. Brooks. Scale 1 : 5 000 000 (Ibid., Bull. 520, 1912, pl. I). — Sur les chaînes de montagnes du même Territoire et des régions voisines, voir l'article de W. Joerg, *The Tectonic Lines of the Northern Part of the North American Cordillera* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XLII, 1910, p. 161-179, 1 carte h. t.), et R. H. Sargent, *The Monarchs*

ung) qui est à la fois un lien et une séparation, le groupe des Alaskides (II, p. 320) [1].

Le raccordement se fait dans une zone qui, des environs de la Baie Tchougatsk [Chugatch] et des bords de la Rivière du Cuivre, s'étend, entre 146° et 147°, jusqu'à l'Océan Glacial. Les chaînes de plissement des Alaskides, à l'Ouest de cette zone, s'orientent vers le N.E., et celles du Canada septentrional, situées à l'Est, sont dirigées vers le N.W. Grewingk avait déjà reconnu ce contraste des directions. On a indiqué précédemment (I, p. 608) l'homologie tectonique que présentent, comme avant-pays, le plateau de l'Inde et la partie septentrionale de l'Océan Pacifique. Cette ressemblance s'étend aussi au Karroo (III, 3e partie, p. 995). Les efforts extraordinairement actifs des géologues américains permettent aujourd'hui une vue beaucoup plus précise. Brooks a bien vite reconnu que les chaînes importantes de l'intérieur subissent toutes le même changement de direction qu'on remarque sur la côte Sud, et qui y atteint presque la valeur d'un angle droit. A quatre degrés de latitude plus au Nord, Peters et Brooks ont observé sur la Chena la rencontre de la direction N.E. de la haute chaîne des Alaska Mountains avec la direction N.W. des chaînes gneissiques canadiennes [2].

Lorsque nous avons décrit le rebroussement du Jhelam, d'éminents géologues de l'Inde, tout en admettant l'exactitude des faits dont ils avaient eux-mêmes débrouillé la plus grande partie, se refusèrent à

of Alaska (Nat. Geogr. Mag., Washington, XX, 1909, p. 610-623, 9 phot.); A. H. Brooks, *Railway Routes in Alaska* (Ibid., XVIII, 1907, p. 164-190, 19 fig. phot. et cartes), et *Railway Routes from Pacific Seaboard to Fairbanks* (U. S. Geol. Survey, Bull. 520, 1912, p. 45-88, pl. II, III : cartes, et IV : profils; une Bibliographie raisonnée occupe les p. 76-88). — La plupart des documents nouveaux relatifs à la géographie et à la géologie de l'Alaska se trouvent réunis dans les volumes annuels, rédigés sous la direction de A. H. Brooks et intitulés : *Mineral Resources of Alaska*, *Report on Progress of Investigations*..., qui paraissent depuis 1905 dans les Bulletins de l'U. S. Geological Survey (années 1904-1911, nos 259, 284, 314, 345, 379, 442, 480, 520, nombreuses cartes et fig.; une Bibliographie complète, tenue à jour, termine chacun de ces fascicules).]

1. Grewingk, dans le premier tableau d'ensemble qui ait été donné de cette région (voir le t. II du présent ouvr., p. 321, note 1), donnait à la presqu'île le nom d'*Alaeska*; les savants russes venus après lui écrivaient *Aljáska*, et cette orthographe a été suivie dans les premiers volumes de l'édition allemande de cet ouvrage; sous l'influence des Américains, la graphie *Alaska* a fini par prévaloir d'une façon exclusive. Ces variations ne provoquent aucune difficulté; par contre, j'ai tenu à conserver le nom de la Baie *Tchougatsk* (c'est-à-dire la « Baie de Tchoug »), bien que les cartes anglaises et américaines emploient celui de Prince William Sound et n'indiquent que la haute chaîne des Monts Chugatch au Nord du Sound et une Ile Chugatch à l'extrémité Sud de la Presqu'île de Kenai. Par suite d'un malentendu, ce nom a même été affecté à la Baie Katchemak, sur la côte Sud-Ouest de Kenai; voir W. H. Dall, U. S. Geol. Survey, 17th. Ann. Rept., 1895-96, part 1, p. 789. — Kakat veut dire rivière; on ne doit donc pas écrire, par conséquent, « la rivière Melozikakat », mais « la rivière Melozi » (Marcus Baker, *Alaskan Geographic Names*; 21st Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1899-1900, part 2, p. 497).

2. Alfred H. Brooks, *Maps and Descriptions of Routes of Exploration in Alaska in 1898*. In-8°, 138 p., 10 cartes, Washington, 1899, p. 85 (publication spéciale de l'U. S. Geol. Survey); W. J. Peters and A. H. Brooks, *Report on the White River-Tanana Expedition* (Ibid., p. 69).

regarder l'inflexion des directrices comme indiquant une limite primordiale, en l'espèce comme la limite de l'Himalaya du côté de l'arc iranien. Ils invoquaient la concordance complète des chaînes extérieures tertiaires, de part et d'autre du rebroussement (I, pl. II), et l'analogie de constitution que présentent les chaînes du Hazara et de Kaboul avec les chaînes situées à l'Est du Jhelam. Ce dissentiment soulève une question de principe. Si l'on admet que c'est la succession stratigraphique et la constitution lithologique qui définissent les ensembles orographiques, cette manière de voir peut être souvent valable. Mais si l'on se propose de rechercher quelles sont les forces qui ont édifié les montagnes, alors ces caractères passent au second plan, et la direction suivant laquelle les forces constructives se sont manifestées devient essentielle. Tout rebroussement révèle le conflit local de deux influences dynamiques. C'est pourquoi il convient d'y voir une limite. C'est aussi pourquoi un nom de chaîne ne doit jamais être étendu par delà un rebroussement.

Dans le rebroussement de Tchougatsk [Chugatch], on observe entre les chaînes qui se rencontrent, au Sud, de part et d'autre de l'arête médiane, la même identité de constitution que dans le rebroussement du Jhelam. On peut suivre facilement, d'un côté de l'angle rentrant à l'autre, plus d'une zone individuelle, et l'on a même ici l'exemple unique au monde d'une ligne de volcans récents subissant la même inflexion. Dans ces conditions, l'on s'explique que les divisions établies dans l'Ouest des États-Unis et du Canada aient été étendues, avec les noms correspondants, aux Alaskides.

Dans le tableau magistral de la géographie physique de l'Alaska dont Brooks a enrichi la science, le nom de *Rocky Mountain System* est étendu, malgré le changement de direction, des Rocheuses Canadiennes et du Mackenzie à tout le rameau arctique des Alaskides, et jusqu'à l'Océan Glacial au Nord du Détroit de Bering. De même, toute la région du Yukon et du Kuskokwim jusqu'à la Bristol Bay est attribuée à la *Central Plateau Region*, et le *Pacific Mountain System* embrasse non seulement la côte occidentale du Canada et la Baie Tchougatsk [Chugatch], mais aussi la haute chaîne des Alaska Mountains et les Aléoutiennes[1].

1. Alfred H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska, A Summary of existing Knowledge, with a Section on Climate by* Cleveland Abbe, Jr. *and a Topographical Map and Description thereof by* R. U. Goode (U. S. Geol. Survey, Prof. Paper n° 45. In-4°, 327 p., 34 pl. dont 12 cartes, 1906) [résumé par A. Rühl, *Ueberblick über die geographischen und geologischen Verhältnisse Alaskas* (Petermanns Mitteil., LIII, 1907, p. 1-16, pl. 1 : carte)]. Pour certaines lignes directrices, voir aussi A. Spencer, *Pacific Mountain System of British Columbia and Alaska* (Bull. Geol. Soc. of America, XIV, 1903, p. 117-132, pl. 8-13, dont 2 cartes). [Voir aussi les travaux suivants de A. H. Brooks : *The Distribution of Mineral Resources in Alaska* (U. S.

Pour nous, les Alaskides sont une unité tectonique qui se poursuit depuis le rebroussement jusqu'au delà de la Mer de Bering, en Asie. L'île la plus méridionale des Aléoutiennes, Amatignak, est située par 51° 25′, et le Cap Barrow est situé par 71° 18′ de lat. N. Sur toute cette distance, ou du moins jusqu'au delà du Cap Lisburne et de 69°, la côte de la Mer de Bering offre l'image d'une virgation qui s'ennoye. Le Détroit de Shelikof et le Cook Inlet, d'une part, la Bristol Bay, le Norton Sound et le Kotzebue Sound, de l'autre, sont les échancrures caractéristiques de cette côte, et leurs directions divergentes révèlent quelques-uns des grands traits de la virgation. Le Cook Inlet s'ouvre au Sud-Ouest et le Kotzebue Sound, en désaccord, il est vrai, avec la structure locale, s'ouvre au Nord-Ouest. De la Baie Tchougatsk [Chugatch], un premier arc montagneux court à travers l'Est de la Presqu'île Kenai, l'Ile Kodiak et quelques îles situées en avant de celle-ci. Les Alaska Mountains, qui possèdent le plus haut sommet de l'Amérique du Nord, commencent à la Tanana et trouvent leur prolongement tectonique dans la Presqu'île d'Alaska. Au Nord de la Bristol Bay, les Monts Kuskokwim viennent se terminer au Cap Newenham. Entre 61° 30′ et 62°, ce sont des terrains anciens qui arrivent à la mer. Il en est de même au Nord de 63°; c'est probablement là que se terminent les Monts Kaiyuh. Plus loin s'avance la large Presqu'île Seward, dont la forme rappelle la large Presqu'île des Tchouktches, et qui d'ailleurs se distingue par bien des traits des longs rameaux de la virgation, et ressemble plutôt à un corps étranger inséré au milieu d'eux. Au Nord du Kotzebue Sound, les contreforts du rameau arctique des Alaskides atteignent la côte; ils forment aussi le Cap Lisburne.

Tous ces arcs ont une allure concordante, qui se marque surtout nettement dans la ligne volcanique des Aléoutiennes. Tous partent de l'Est pour décroître et s'abaisser vers l'Ouest. Comme dans les Anadyrides, les volcans actifs sont limités à une seule ligne.

En avant des Aléoutiennes et de l'arc de Kenai se trouve une avant-fosse, où la sonde est descendue à — 7 319 mètres et, à l'extrême Ouest, à — 7 383 mètres. Du côté du Nord, au contraire, de la Bristol Bay au voisinage de 165°, la mer manque totalement de profondeur. A la Passe Unimak ou à l'Ile Akutan commence une pente sous-marine qui, douce d'abord, puis raide au Sud des Pribilof, traverse obliquement la Mer de Bering du S.E. au N.W. Au Sud de ce dernier groupe d'îles, par 172° de long. W., la profondeur passe de — 128 à — 2 972 mètres sur une distance de 20 kilomètres à peine. Ce talus se

Geol. Survey, Bull. 345, 1908, p. 18-29); *Mineral Resources of Alaska* (Id., Bull. 394, 1909, p. 172-207, pl. XII : carte); *Alaska Coal and its utilization* (Id., Bull. 442, 1910, p. 47-100, pl. 1 : carte, Bibliographie p. 95-100).]

dirige vers le Cap Navarin, mais sans l'atteindre, et semble s'adoucir à l'approche de la côte asiatique, qu'il longe à une certaine distance. Le point le plus bas entre la Mer de Bering et l'Océan Pacifique se trouve à l'Est des Iles du Commandeur.

La Mer de Bering se divise en réalité en deux moitiés nettement délimitées, une partie Sud-Ouest, où il existe des fonds de plus de — 3 900 mètres, et une partie Nord-Est, où les cotes — 130 et — 140 ne sont atteintes qu'au voisinage de la bordure, tandis que des fonds de moins de — 70 mètres et même de moins de — 30 mètres règnent partout ailleurs. Un grand plateau, immergé à cette faible profondeur, s'étend vers le Nord, de la limite indiquée plus haut, c'est-à-dire de la Passe Unimak, du Sud des Pribilof et de la hauteur du Cap Navarin, jusque bien loin dans l'Océan Glacial. Même sous le parallèle qui passe entre le Cap Barrow et la Terre de Wrangell (71° 30′), de nombreux sondages n'ont pas révélé de profondeurs supérieures à — 58 m.,4.

Les Aléoutiennes représentent donc, à l'Ouest d'Unimak, les points culminants d'une longue arête, assez étroite et extraordinairement haute, tandis qu'à l'Est d'Unimak elles doivent être regardées plutôt comme le bord d'un plateau surélevé au-dessus des fosses profondes du Sud. Ce plateau est le prolongement du fond de l'Océan Glacial voisin.

Sur une partie considérable de la côte occidentale de l'Alaska, en particulier entre 64° 30′ et 59° 30′, le littoral est formé soit par des couches tertiaires souvent associées à du basalte, soit par le vaste delta du Yukon. La grande Ile *Nunivak* (60° de lat. N.) se compose, d'après Dall, de grès tertiaires presque horizontaux, recouverts de laves basaltiques [1]. La côte voisine est, d'après Dawson, constituée de même, bien que le Cap Vancouver y atteigne peut-être de 300 à 450 mètres de hauteur [2]. De même, le groupe des *Pribilof*, d'après Stanley Brown, est basaltique, avec des traces de Tertiaire marin [3]. Les Iles *Hall* et *St. Matthew* sont constituées par des laves d'âges divers; on signale aussi à St. Matthew des porphyrites, de la tonalite et de l'aplite; et des roches porphyriques forment, non loin de là, l'île élevée de *Pinnacle Island*, qui a été considérée à tort comme un volcan [4].

Dans la partie Sud-Est de la Mer de Bering, on ne connaît pas de prolongement sous-marin de la chaîne des Monts Kuskokwim; au delà

1. W. H. Dall and G. D. Harris, *Correlation Papers-Neocene* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 84, 1892, p. 245).

2. G. M. Dawson, *Geological Notes on Some of the Coasts and Islands of Bering Sea and Vicinity* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 134; Nunivak, ibid., p. 133).

3. G. M. Dawson, *Geological Notes*, p. 135-138; B. K. Emerson, *in* Harriman Alaska Expedition, *Alaska*, IV. *Geology and Paleontology*. In-8°, New York, 1904, p. 32-38.

4. J. Stanley-Brown, *Geology of the Pribilof Islands* (Bull. Geol. Soc. of America, III, 1892, p. 496-500); B. K. Emerson, ouvr. cité, p. 31.

du Cap Newenham, tout est enfoui sous les sédiments du plateau, et les terrains tertiaires, avec leurs basaltes, s'avancent dans les Iles Pribilof jusqu'auprès du bord du talus.

Les montagnes subissent deux interruptions frappantes.

Entre 62° et 63°, la zone du rebroussement est occupée par le *plateau de la Rivière du Cuivre* (Copper-River). C'est une région basse, de contours plus ou moins circulaires, que surmonte à l'Est le groupe puissant de volcans récents des Monts Wrangell. Ces volcans sont circonscrits sur leur bord occidental par la courbe régulière de la Rivière du Cuivre, et, de l'autre côté de ce cours d'eau, le plateau est recouvert, jusqu'au pied des hautes montagnes qui le bordent, par les cendres et les projections des volcans de Wrangell (fig. 267).

Les montagnes présentent une autre interruption, de caractère différent, dans les *Yukon Flats* : c'est un ancien fond de lac, de grandes dimensions, qui embrasse le Porcupine inférieur et le coude du Yukon. Le Yukon, au voisinage de Circle City (non loin de 65° 30′), et le Porcupine, par 67° environ, pénètrent dans cette plaine. Le Yukon en sort près de Fort Hamlin (149° de long. W.). Sa forme est celle d'un triangle irrégulier, avec un élargissement au Sud-Est. Sur le bord Sud se trouvent de riches laveries d'or. Spurr en a donné une description parlante [1].

D'après des rapports concordants, le pays du Yukon n'a pas subi une glaciation générale. On admet, comme limite septentrionale du manteau de glace continu, la latitude de 61° 50′ sur le Lewes, un peu au-dessus du confluent du Big Salmon River, et la latitude de 64° 30′ au Nord des Alaska Mountains (150°). A partir de là, les vallées se rétrécissent et présentent des terrasses, jusqu'à ce qu'on arrive, plus au Nord, dans l'aire distincte de glaciation locale qui embrasse le rameau arctique de la virgation [2].

Les Monts Roumanzov. — A peu près entre 140° et 146° de long. W., Franklin vit en 1826, au voisinage des côtes arctiques, des mon-

1. J. E. Spurr, *Geology of the Yukon Gold District, Alaska* (18th Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1896-97, pt. 3, p. 87-392, pl. XXXII-LI, dont 12 cartes; en particulier p. 200 et suiv.). [Sur la géologie et les gites minéraux de la partie de l'Alaska comprise entre le Yukon et la Tanana, consulter en outre les travaux suivants de L. M. Prindle : *The Rampart Gold Placer Region, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 280, 1906, 54 p., 7 pl. dont 1 carte géol.); *The Yukon-Tanana Region, Alaska. Description of Circle Quadrangle* (Id., Bull, 295, 1906, 27 p., 1 pl. carte géol., 3 cartes dans le texte); *The Fairbanks and Rampart Quadrangles, Yukon-Tanana Region, Alaska*; with a Section on the Rampart Placers, by F. L. Hess, and a Paper on the Water Supply, by C. C. Covert (Id., Bull. 337, 1908, 102 p., 5 pl. dont 3 cartes topogr. et 1 carte géol.); *The Fortymile Quadrangle, Yukon-Tanana Region, Alaska* (Id., Bull. 375, 1909, 52 p., 5 pl. dont 1 carte topogr. et 1 carte géol., 2 cartes dans le texte). Voir aussi H. M. Eakin, *The Rampart and Hot Springs Region* (Id., Bull. 520, 1912, p. 271-286, pl. XIII : carte géol.).]

[2. Voir, sur ces anciens centres de glaciation : Oscar H. Hershey, *The Ancient Kobuk Glacier of Alaska* (Journ. of Geol., XVII, Chicago, 1909, p. 83-91).]

tagnes qui reçurent les noms de Monts Buckland, Richardson, Roumanzov et Franklin. On supposait alors, généralement, que ces montagnes formaient des chaînons dirigés vers le N.W. et disposés en coulisses les uns derrière les autres, de sorte que les Monts Franklin auraient été l'échelon le plus occidental et en même temps le plus septentrional. Récemment, Turner a traversé, par 141° de long. W., entre 68° et 69° de lat. N., un massif qui atteint, d'après son évaluation, 6000 à 8000 pieds (1800 à 2400 m.)[1]. Mais les renseignements les plus complets sont dus à S.J. Marsh qui, au prix de grandes privations, passa près de deux années, de 1901 à 1903, dans ces régions inhospitalières[2]. Nous en extrayons ce qui suit :

La ligne de partage est formée par une chaîne continue, orientée un peu au N. de l'E., qui court vers le Mackenzie. Une avant-chaîne, dénommée *Monts Franklin* sur les cartes, s'élève au voisinage de 69° de lat. N.; au Carter Pass, son altitude est de 4000 pieds [1200 m.]; quelques sommets peuvent atteindre 5000 à 8000 pieds [1500 à 2400 m.]. Son pied se trouve à une distance de 20 à 54 kilomètres de la mer. On a rencontré des grès, des conglomérats et des calcaires à Crinoïdes dans ces montagnes, et sur la côte des blocs de granite et de diorite.

L'espace situé au Sud des Monts Franklin et au Nord de la chaîne principale est occupé par des schistes noirs plissés, de direction E.-W. Les montagnes les plus élevées, jusqu'à 68° 10′, sont couronnées de calcaires, renfermant des Crinoïdes et d'autres fossiles.

Près de 146°, le Kooguru River (Canning) marque à l'Ouest la fin des Monts Franklin; ici, la plaine qui borde la chaîne principale, du côté de la mer, atteint une largeur de 66 à 220 kilomètres. Les branches méridionale et orientale du Kooguru sortent des glaciers de la chaîne principale. Dans celle-ci, on remarque principalement un grand anticlinal de schistes et de grès, puis, plus au Sud, des schistes chloriteux. A l'Ouest du Kooguru, on trouve aussi sur les sommets les calcaires si communs dans la région. Plus loin au S.W., à l'Ouest du Chandlar River, entre 68° et 67° de lat. N., règnent des micaschistes, avec un peu de calcaire cristallin.

Là s'arrêtent les explorations de S. J. Marsh. Cette chaîne maîtresse, située au Sud des Monts Franklin, devrait continuer à porter, comme elle l'a fait jusqu'à présent, le nom de *Chaîne Roumanzov*.

Schrader, parti des Yukon Flats, au Sud, a accompli deux voyages

1. J. H. Turner, *The Boundary North of Fort Yukon* (National Geogr. Magazine, Washington, IV, 1892, p. 196, 197). [Voir aussi A. G. Maddren, *Geologic Investigations along the Canada-Alaska Boundary* (U. S. Geol. Survey, Bull. 520, 1912, p. 297-314).]

2. S. J. Marsh, Relation sommaire insérée dans A. H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska*, 1906, p. 260-262.

d'une importance capitale pour la connaissance de cette région. Au coude du Yukon débouche le Chandlar, venant du Nord; c'est cette rivière que Schrader suivit dans son premier voyage. Au delà de 67°, entre 147° et 148°, il atteignit les basaltes qui occupent la lisière des Flats, et en même temps des chaînons archéens orientés vers le N.E., qu'il appela aussitôt Monts Roumanzov et qu'il considéra comme la continuation de la chaîne arctique. De là, il s'avança jusqu'à 68°, et explora ensuite, au retour, le cours supérieur du Koyukuk. Dans son second voyage, Schrader partit du Koyukuk, par 66°, et, suivant approximativement le 152e méridien, il atteignit l'Océan Glacial dans la région du Colville River, au delà de 70° 20′ [1].

Une chaîne plissée en arc de cercle, légèrement concave vers le Nord, large d'au moins 125 à 130 kilomètres, et haute en moyenne de 1 800 m., longe au N. les Yukon Flats; elle a reçu le nom de *Monts Endicott* (fig. 246). Elle est probablement en partie recouverte par les Flats, comme paraissent l'indiquer les roches archéennes de leur bord septentrional. La chaîne croise le 152e méridien entre 67° 10 et 68° 25′. Au delà du bord septentrional, dans les Monts Endicott, par conséquent, au delà de 68° 25′, Schrader rencontra, jusqu'à 69° 25′, un plateau qui, de l'altitude de 760 mètres, s'abaisse vers le Nord jusqu'à 240 mètres; c'est le plateau d'Anaktuvuk. Au delà, une région presque plate s'étend jusqu'à l'Océan Glacial.

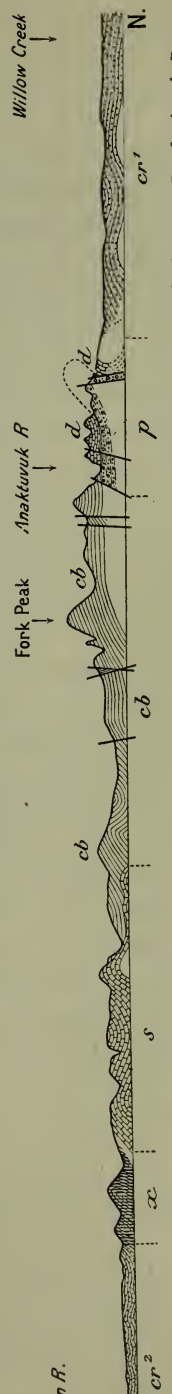


Fig. 246. — Coupe à travers la Chaîne du Nord de l'Alaska (Monts Endicott), d'après F. C. Schrader (*U. S. Geol. Survey, Professional Paper No. 20*. In-4°, Washington, 1904, pl. III).

x. Micaschistes (*Totsen series*, Silurien?); *s*. Calcaires schisteux et micacés (*Skajit formation*, Silurien supérieur); *p*. Conglomérats, quartzites et schistes antédévoniens? (*Sluver series*); *d*. Calcaires et schistes dévoniens (*Lisburne formation*); *cb*. Phyllades, schistes, calcaires, quartzites, etc. (*Fickett series*, Carbonifère inférieur); *cr*¹. Grès, arkoses et poudingues (*Anaktuvuk series*, Crétacé inférieur); *cr*². Grès, schistes et conglomérats crétacés? (*Bergman series*). — Échelle des longueurs 1 : 1 250 000; hauteurs 1 : 250 000.

1. F. C. Schrader, *Preliminary Report on a Reconnaissance along the Chandlar and Koyukuk Rivers, Alaska, in 1899* (21st Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1899-1900, part 2, p. 441-486, pl. LX-LXVIII, dont 1 carte); le même, *Geological Section of the Rocky Mountains in Northern Alaska* (Bull. Geol. Soc. of America, XIII, 1902, p. 233-252, pl. 40-43); et *A Reconnaissance in Northern Alaska across the Rocky Mountains, along Koyukuk, John, Anaktuvuk, and Colville Rivers, and the Arctic Coast to Cape Lisburne in 1901, with Notes by* W. J. Peters (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper n° 20, 1904. In-4°, 139 p., 16 pl. dont 4 cartes).

Les terrains les plus anciens de la chaîne, ceux qui bordent les Flats, présentent, entre 147° et 148°, la direction S.W. Vient ensuite, au Nord, une zone de terrains aurifères profondément modifiés. Par 152°, la direction est E.-W. Schrader signale ici une zone d'environ 19 kilomètres de large, occupée par des schistes à biotite et des amphibolites, fortement inclinés vers le Sud (*Totsen series*), et une zone large de 24 à 32 kilomètres constituée par des calcaires métamorphiques, avec traces douteuses de fossiles du Silurien supérieur, ainsi que des micaschistes. Vient ensuite, en discordance, sur une largeur de 80 kilomètres, un ensemble de grès, conglomérats, schistes et calcaires, inclinés vers le S.E. ou le S.W.; dans cette zone, on n'a trouvé que des fossiles du Carbonifère inférieur. Puis une dislocation, dont on ne sait rien de précis, fait affleurer à l'Est des calcaires du Dévonien moyen, dont la faune rappelle le Dévonien du Mackenzie. *Spirifer disjunctus* dénote le Dévonien supérieur. Un conglomérat quartzeux très dur apparaît sous le Dévonien et le partage en deux zones, septentrionale et méridionale.

Nous atteignons ainsi le bord septentrional des Monts Endicott; il semble appartenir au Dévonien dans l'Ouest, et dans l'Est au Carbonifère inférieur ou à quelque horizon plus récent. En avant s'étend une lisière de débris. La plus grande partie du plateau d'Anaktuvuk, au Sud, consiste en un grès légèrement plissé à *Aucella crassicollis*, sur lequel repose au Nord (peut-être en discordance) du Crétacé supérieur avec des *Scaphites* et de grands Inocérames.

La plaine est formée de deux niveaux tertiaires, dont l'un est rapporté à l'Oligocène et l'autre au Pliocène. Une couverture particulière de sables non stratifiés (*Goobie sands*) s'étend par-dessus ces couches tertiaires.

Enfin on arrive à la toundra[1].

Schrader remarque avec raison que le nom d'Alaska Mountains, s'il n'avait déjà été attribué à une autre chaîne, devrait revenir à ce grand faîte de partage, du côté de l'Océan Glacial. Lorsque cet audacieux voyageur rencontra les premiers reliefs, au bord des Flats, il les considéra, ainsi qu'on l'a vu, comme une partie des Monts Roumanzov. Lorsqu'il eut traversé les montagnes dans toute leur largeur, il choisit le nom d'*Endicott Mountains*, qui désignait cette section depuis 1885 sur

[1. Sur le sol gelé du Nord de l'Alaska et les Mammifères fossiles qu'il renferme, consulter Ch. W. Gilmore, *Smithsonian Exploration in Alaska in 1907 in Search of Pleistocene Fossil Vertebrates* (Smithsonian Miscell. Collections, LI, n° 1807, 1908, p. 1-38, pl. I-XIII, dont 2 cartes, 4 fig.); L. S. Quackenbusch, *Notes on Alaskan Mammoth Expeditions of 1907 and 1908* (Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., New York, XXVI, 1909, p. 87-130, pl. XVII-XXV, dont 3 cartes, 10 fig. dans le texte); V. Stefansson, *Underground Ice in Northern Alaska* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XLII, 1910, p. 337-345, 7 fig.).]

la carte d'Allen. L'ensemble des montagnes, jusqu'à la côte occidentale, étant regardé comme appartenant aux Montagnes Rocheuses, il était logique d'assimiler le plateau crétacé d'Anaktuvuk et la toundra aux Prairies des États-Unis.

Ce qu'il y a de mieux à faire pour respecter les faits, c'est de maintenir à l'ensemble de la chaîne, depuis le rebroussement de l'Est jusqu'à l'extrémité occidentale, le nom de l'homme d'État russe Roumanzov, qui, il y a près de cent ans, équipa sur sa fortune personnelle l'expédition Kotzebue, et de conserver le nom de Monts Endicott pour la partie moyenne, que traverse le 152e méridien, à peu près de la même manière que, plus à l'Ouest, d'autres parties des Monts Roumanzov portent les noms de Monts De Long, Schwatka et Baird.

C'est ainsi que les voyages de Schrader nous ont apporté les premiers renseignements précis sur une chaîne de montagnes importante.

Le bord septentrional atteint la côte au *Cap Lisburne*; là se trouve, en avant de la chaîne, un large bassin houiller, renfermant de nombreuses couches de charbon, et qui n'est pas encore connu en avant des Monts Endicott. C'est Collier qui en a donné la description la plus complète (fig. 247)[1].

Les veines de houille les plus septentrionales apparaissent dans le Wainwright Inlet (70° 37′ de lat. N., 159° 45′ de long. W.), où l'on a trouvé *Nageiopsis longifolia* et *Podozamites distantinervis* du Potomac inférieur de la Virginie (Wealdien) et *Baiera gracilis* de l'Oolithe du Yorkshire. Knowlton insiste sur l'analogie remarquable de cette florule avec les flores jurassiques de la Sibérie[2].

Sur bien des points de la côte, à partir du Wainwright Inlet, les glaces charrient des morceaux de charbon; mais c'est seulement au Cap Beaufort (69° 10′ de lat. N.) qu'on rencontre de meilleurs affleurements (direction N. 25° W.); on connaît des veines depuis ce point jusqu'à la mine Corwin (direction N. 75° W.) et à une petite rivière voisine, la Thetis, à l'Est du Cap Lisburne. Là aussi, on a trouvé des plantes méso-

1. A. J. Collier, *Geology and Coal Resources of the Cape Lisburne Region, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 278, 1906, 54 p., 9 pl. dont 1 carte géol.).

2. Grewingk (voir le t. II du présent ouvrage, p. 321, note 1), p. 90; Capt. C. L. Hooper, *Report of the Cruise of the U. S. Revenue-Steamer Corwin in the Arctic Ocean*. In-8°, 73 p., 10 pl., 1 carte, Washington, 1881, p. 29 et 48; L. Lesquereux, Proc. U. S. Nat. Mus., X, 1887, p. 35-38, et XI, 1888, p. 31-33; Lester F. Ward, *The Geographical Distribution of Fossil Plants* (8th Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1886-87, part 2, p. 926); F. H. Knowlton, 17th Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 827 et suiv.; W. H. Dall, *Report on Coal and Lignite of Alaska* (Ibid., en particulier p. 820); H. D. Woolfe, *in* F. C. Schrader, *A Reconnaissance in Northern Alaska* (U. S. Geol. Survey, Prof. Paper n° 20, 1904, p. 111). — Peut-être le bassin houiller mésozoïque n'est-il pas absolument continu; c'est ce que semble indiquer la présence de l'or au Cap Glacé (Icy Cape), au Nord de 70° (*Report on Mineral Production for 1903*, p. 19). — F. H. Knowlton, *Geology and Coal Resources of the Cape Lisburne Region, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 278, 1906, p. 29).

FIG. 247. — Côte-Nord de l'Alaska. Coupe de Point Hope au Cap Beaufort (Région du Cap Lisburne), d'après A. J. Collier (*U. S. Geol. Survey, Bull.* N° 278, 1906, pl. I).

d, Grès et schistes (Dévonien?); Carbonifère : *ca*¹, Schistes noirs et calcaires; *ca*². Calcaires et marnes à silex; *ca*³. Calcaires massifs (*Lisburne formation*); *j*. Jurassique (*Corwin formation*) : marnes, grès, conglomérats et couches de houille; *cr*. Grès et marnes (Crétacé?); *all*. Quaternaire : sables, graviers, alluvions. — Échelle de 1 : 1 000 000 environ.

zoïques. Toutes ces couches présentent la direction N.W.; elles sont plissées et traversées par des surfaces de chevauchement.

Près du *Cap Lisburne* (68° 50′; II, p. 243), les terrains paléozoïques affleurent et forment, par delà le *Cap Thompson* (68° 6′), l'extrémité Nord des Monts Roumanzov. Ils sont poussés au Nord par-dessus les assises secondaires. La série stratigraphique est, de haut en bas, la suivante : calcaires blancs épais, à Polypiers et Bryozoaires; schistes en bancs minces et calcaires à Brachiopodes, Trilobites, etc.; au-dessous, schistes noirs et calcaires à Brachiopodes, avec veines de houille à flore du Carbonifère inférieur (*Lepidodendron*, *Stigmaria*, etc.), puis grès calcaires et schistes peut-être dévoniens. Des *Productus* ont également été signalés au Cap Thompson; Schuchert cite en outre le *Spirifer condor* du Carbonifère supérieur[1].

La chaîne paléozoïque est disposée en écailles imbriquées vers le Nord, comme sa bordure septentrionale; les couches houillères du Carbonifère inférieur se répètent sur la côte (fig. 247).

On a recueilli des échantillons de houille dans l'intérieur du pays, à plus de 300 kilomètres à l'Est du Cap Lisburne, sur le Chipp River (Ikpikpuk, 155° de long. W.) et sur le Colville. Ainsi, bien que l'on n'ait pas trouvé de veines de houille au Nord des Monts Endicott, il se peut que le plateau crétacé d'Anaktuvuk, par exemple, recouvre des charbons d'âge mésozoïque.

1. Ch. Schuchert, *Report on Paleozoic Fossils from Alaska* (17th Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 899; reprod. dans F. C. Schrader, *A Reconnaissance in Northern Alaska*, p. 66); Alph. Hyatt, *Report on the Mesozoic Fossils* (17th Ann. Rep., p. 907): A. H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska*, p. 242; A. J. Collier, *Coal Fields of the Cape Lisburne Region* (*in* A. H. Brooks, *Report on Progress of Investigations of Mineral Resources of Alaska in 1904*; U. S. Geol. Survey, Bull. 259, 1905, p. 172-185). La présence du Trias n'a pas été confirmée; T. W. Stanton and G. C. Martin, *Mesozoic Section on Cook Inlet and Alaska Peninsula* (Bull. Geol. Soc. of America, XVI, 1905, p. 396). [E. M. Kindle y signale toutefois *Pseudomonotis subcircularis* Gabb, représentée par de nombreux spécimens; *The Section at Cape Thompson, Alaska* (Amer. Journ. of. Sc., 4th ser., XXVIII, 1909, p. 520-528).]

Sur la côte, entre les Mulgrave Hills (67° 40′) et le Cap Krusenstern (67° 5′), Grewingk signale, d'après les observations de Fischer, des laves et des argiles durcies.

Plus au Sud, nous avons les observations de Mendenhall[1]. Parti des Flats, il se dirigea vers l'Ouest jusqu'à la mer, et rencontra les terrains métamorphiques du Sud des Monts Endicott, affectés de la direction E.-W. Près de Dall City (66° 15′ à 66° 30′, vers 150° de long. W.), ils sont traversés par de nombreuses intrusions granitiques; vient ensuite, sous la même latitude et près du 151e méridien, un massif de gabbro et de serpentine, puis, jusqu'au delà de 152°, des roches andésitiques récentes. Un lambeau de couches mésozoïques (Aucelles?) s'étend jusqu'au delà de Bergmann, sur le haut Kowak (Kobuk); puis la série dite métamorphique (micaschistes, quartzites, avec un peu de calcaire) accompagne ce fleuve jusqu'à la mer, dans une vallée apparemment longitudinale.

La Presqu'île Choris, à l'entrée de la *Baie d'Eschscholtz*, est formée de schistes analogues; au voisinage, les Iles Chamisso et Puffin sont faites de granite gneissique. La ressemblance de ces roches avec celles de la Baie de Saint-Laurent, de l'autre côté du Détroit de Bering, avait déjà conduit Engelhardt, en 1821, à la conclusion que l'Asie et l'Amérique s'étaient trouvées autrefois réunies[2].

Au Sud du Kotzebue Sound se montrent encore des schistes graphitiques et micacés, ainsi que des schistes à serpentine et à amphibole. Puis ils disparaissent; le rivage est semé de blocs de laves à olivine; auprès du Cap Espenberg, les sables volcaniques contiennent des coquilles marines tertiaires. La Devil Mountain, située à l'intérieur, vers le S.W., est, d'après Beechey, d'origine volcanique; une coulée de lave, qui y prend naissance, atteint la mer. Du côté de la Baie Shishmaref, les côtes sont plates.

Nous arrivons ainsi à nous représenter l'Ouest de la manière suivante. Les Monts Roumanzov se continuent jusqu'à la côte. Un rameau septentrional, refoulé vers le Nord, avec couches de houille appartenant au Carbonifère inférieur, disparaît entre le Cap Lisburne et le Cap Thompson. Je présume que le nom de *Monts De Long* doit

1. W. C. Mendenhall, *Reconnaissance from Fort Hamlin to Kotzebue Sound, Alaska by way of Dall, Kanuti, Allen, and Kowak Rivers* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper n° 10, 1902. In-4°, 68 p., 9 pl. dont 4 cartes). [Voir en outre Philip S. Smith, *The Alatna-Noatak Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. 520, 1912, p. 315-338, pl. XV : carte géol.).]

2. M. von Engelhardt (und Weiss), *in* O. von Kotzebue, *Entdeckungs-Reise in die Süd-See und nach der Berings-Strasse zur Erforschung einer nordöstlichen Durchfuhrt.* In-4°, Weimar, 1821, III, p. 191 (réd. par Ad. von Chamisso); tous les renseignements sont groupés dans Grewingk, p. 70 et suiv. [Voir aussi Ad. Knopf, *The probable Tertiary Land Connection between Asia and North America* (Univ. of California, Bull. Dept. of Geol., V, n° 28, 1910, p. 413-420).]

revenir à cette chaîne. Un autre rameau, constitué par des roches plus anciennes, et plus rapproché de l'intérieur, vient des Monts Endicott et sépare les rivières Noatak et Kowak : ce sont les *Monts Baird*. Encore plus au Sud, sur certains points de la Baie d'Eschscholtz, apparaissent les roches les plus anciennes, ressemblant à des gneiss, et comparables peut-être aux terrains rencontrés par Schrader sur le bord septentrional des Flats. Mais déjà, tout autour d'une grande partie du Kotzebue Sound, et à partir des Monts Mulgrave, les extrémités des chaînes sont recouvertes transversalement par une zone de sédiments modernes, ainsi que de formations volcaniques récentes, qui embrasse tout le Nord de la Presqu'île Seward jusqu'au delà de la Baie Shishmaref.

La Presqu'île Seward. — La terminaison des chaînes perpendiculairement à leur direction, et les formations volcaniques au voisinage de la bordure donnent au Kotzebue Sound et au plat pays du Cap Espenberg les caractères d'un effondrement. A l'intérieur du Sound, dans les Baies d'Eschscholtz et de Spafarief, débouchent du Sud deux fleuves parallèles, le Kiwalik et le Buckland. Ils sont séparés par une longue croupe de direction méridienne, qui domine de haut le pays à l'Est et l'Ouest, et arrive au Sud jusqu'à la vallée du Koyuk, lequel se jette dans la Norton Bay. Ce faîte se compose, d'après Moffit, de hauteurs isolées de granite, de monzonite, de diorite quartzifère, peut-être aussi, dans le Sud, de malignite, le tout entouré de beaucoup d'andésite, et accompagné çà et là de basaltes plus récents [1].

Plus à l'Ouest, le Lac Imuruk (65° 40′ de lat. N., 163° 10′ de long. W.) est entouré d'un district de laves modernes particulièrement étendues, d'où pourraient bien provenir également les laves basaltiques que Mendenhall rencontra dans la vallée du Koyuk. Une grande partie de ces laves ont suivi les vallées actuelles.

La Norton Bay est entourée d'une région basse, constituée par du Crétacé supérieur contenant des bancs de houille et des couches marines, puis par les couches oligocènes lignitifères de Kenai [2]. Jusqu'aux rivages de la Mer de Bering, près de Saint Michael, et ensuite jusqu'au Koyukuk, on rencontre sur un grand nombre de points des formations volcaniques tertiaires ou plus récentes encore. En fait, la bande de terrain comprise entre le Kotzebue Sound et la Norton Bay est un prolon-

1. Fred. H. Moffit, *The Fairhaven Gold Placers of the Seward Peninsula, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 247, 1905, 85 p., 14 pl. dont 1 grande carte géol.).

2. Dans plusieurs localités, par exemple aux Aléoutiennes, des couches marines reposent sur les dépôts de Kenai; mais le nom d'Étage de Nulato, employé jusqu'à présent, ne peut pas leur être conservé, car la localité type, Nulato sur le Yukon, se trouve être dans le Crétacé supérieur (A. H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska*, 1906, p. 236).

gement du pays du bas Yukon et sépare la Presqu'île Seward de l'intérieur de l'Alaska [1].

La presqu'île elle-même (fig. 248) ne possède aucune de ces chaînes allongées qui distinguent d'autres parties de l'Alaska.

Sa richesse en or nous a valu un rapport préliminaire de Schrader sur *Nome*. Bogdanovitch visita Nome avant d'entreprendre son voyage au pays des Tchouktches. Puis Brooks et ses collaborateurs ont décrit le Sud, et Collier le Nord-Ouest [2].

Le large sillon qui va de Port Clarence à la Baie Golofnin ne se justifie par aucun trait de la structure du pays. Les reliefs les plus marquants suivent une direction opposée : ce sont les *Monts Kigluaik*, au Sud de cette dépression (Mont Osborne, 4700 pieds, 1432 m.), et les *Monts Bendeleben* au Nord. Les uns et les autres courent vers l'W.S.W., mais les Monts Bendeleben, quoique présentant une constitution analogue, ne sont pas exactement dans le prolongement des Monts Kigluaik. Du côté du Détroit de Bering, les *York Mountains* occupent une étendue considérable.

Près du *Cap Nome*, dans la partie la plus méridionale de la presqu'île, Bogdanovitch signale du gneiss œillé ancien dans les blocs de l'Anvil Creek, et note en même temps sa ressemblance avec le gneiss du Cap Novosiltzev (Kréoulgoun), sur la côte asiatique. Les explorateurs américains ne mentionnent pas ces gisements; cela est dû peut-être à la signification plus ou moins étendue que l'on donne au mot gneiss. Brooks indique d'abord des calcaires cristallins blancs, associés à des micaschistes (*Kigluaik series*), qui forment la plus grande partie des Monts Kigluaik et, associés à des intrusions de granite, les Monts Bendeleben. Viennent ensuite des schistes quartzeux graphitiques (*Kuzitrin series*), et au-dessus les puissants calcaires de Port Clarence, dans lesquels Collier a trouvé des fossiles siluriens.

[1. Voir Philip S. Smith and H. M. Eakin, *A Geologic Reconnaissance in Southeastern Seward Peninsula and the Norton Bay-Nulato Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. 449, 1911, 146 p., 13 pl. dont 3 cartes topogr. et 2 cartes géol., 15 fig. dans le texte).]

2. F. C. Schrader and A. H. Brooks, *Preliminary Report on the Cape Nome Gold Region, Alaska*. In-8°, 56 p., 22 pl. dont 3 cartes, Washington, 1900 (publication spéciale de l'U. S. Geol. Survey); K. I. Bogdanovitch, *Esquisse de Nome*, r. In-8°, 116 p., St-Pétersbourg, 1901; A. H. Brooks, G. B. Richardson, A. J. Collier and W. C. Mendenhall, *A Reconnaissance in the Cape Nome and Norton Bay Regions, Alaska*. Gr. in-8°, 222 p., 23 pl. dont 9 cartes, Washington, 1901 (publication spéciale de l'U. S. Geol. Survey); A. J. Collier, *A Reconnaissance of the Northwestern Portion of Seward Peninsula, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper n° 2. In-4°, 1902, 70 p., 11 pl. dont 4 cartes). [Voir, en outre : A. J. Collier, F. L. Hess, Ph. S. Smith, and A. H. Brooks, *The Gold Placers of Parts of Seward Peninsula, Alaska, including the Nome, Kougarok, Port Clarence, and Goodhope Precincts* (U. S. Geol. Survey, Bull. 328, 1908, 343 p., 11 pl. dont 2 cartes topogr. et 2 cartes géol. à 1 : 250 000, 19 fig. dans le texte); Philip S. Smith, *Geology and Mineral Resources of the Solomon and Casadepaga Quadrangles, Seward Peninsula, Alaska* (Id., Bull. 433, 1910, 234 p., 16 pl. dont 2 cartes topogr., 1 carte géol. générale et 2 cartes géol. de détail à 1 : 62 500).]

Des roches vertes et des schistes verts, dérivés du gabbro ou de la diabase, forment des filons-couches dans les deux étages les plus anciens. Du granite, plus récent que les roches vertes, apparaît fréquemment sous forme de massifs ou de filons, recoupant généralement les calcaires cristallins de la série de Kigluaik. Par 65° 50′ de lat. N. et 164° 10′ de long. W., des sources chaudes jaillissent au milieu d'un massif granitique de ce genre; à l'Ouest de ce point, un massif analogue forme les curieuses Ear Mountains (« les Oreilles »). Un autre massif granitique élevé constitue la *Cape Mountain* (792 m.), qui s'avance dans le Détroit de Bering. La présence de l'étain a attiré l'attention sur ces massifs granitiques. A Cape Mountain et dans la partie voisine des York Mountains, les minerais stannifères apparaissent au voisinage du contact du granite et du calcaire, et dans des filons qui partent du granite. Sur le versant oriental de Cape Mountain, Collier a rencontré dans le calcaire des fossiles dévoniens ou carbonifères [1].

En somme, on peut dire qu'une grande traînée de reliefs granitiques de ce genre s'étend de Cape Mountain vers l'E.N.E. jusqu'à la région située au Sud de la Baie d'Eschscholtz; dans certains de ces massifs on a trouvé des traces d'étain, dans d'autres, de spath-fluor, mais d'autres encore, qui n'en n'ont pas été distingués, pourraient bien être plus anciens. Cela s'applique notamment à la roche du Mont Kiwalik (65° 30′, 162° 10′) qui, d'après la description de Moffit, paraît devoir être regardée comme un véritable gneiss.

La Presqu'île Seward est un pays constitué par des terrains paléozoïques ou d'âge plus ancien, traversés çà et là par des roches éruptives de dates très diverses, avec quelques reliefs plus élevés. Les données relatives à la direction ne sont guère concordantes. Il semble que la direction E.-W. domine dans le Nord-Ouest; dans le Sud, ce serait plutôt la direction W.S.W. Sur le Kugruk, on signale, par 65° 55′ et 162° 25′, une couche de charbon attribuée au Crétacé supérieur et plissée selon la direction N.-S.

1. A. J. Collier, *The Tin Deposits of the York Region, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 229, 61 p., 7 pl. dont 2 cartes, 1904); et *Recent Development of Alaskan Tin Deposits* (Ibid., n° 259, 1905, p. 120-127). [Voir aussi Ad. Knopf, *The Seward Peninsula Tin Deposits* (Ibid., n° 345, 1908, p. 251-267, 3 fig. dans le texte); et *Geology of the Seward Peninsula Tin Deposits* (Ibid., n° 358, 1908, 72 p., 9 pl.).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 248.

1. *Kigluaik group* (Pré-Ordovicien); 2. Schistes et 3. Calcaires (*Nome group*, Ordovicien ?); 4. Calcaires dévoniens et carbonifères; 5. Crétacé et Tertiaire; 6. Dépôts meubles (Alluvions, etc.); 7. Granites; 8. Roches volcaniques tertiaires; 9. Roches volcaniques modernes. — Échelle de 1 : 2 250 000.

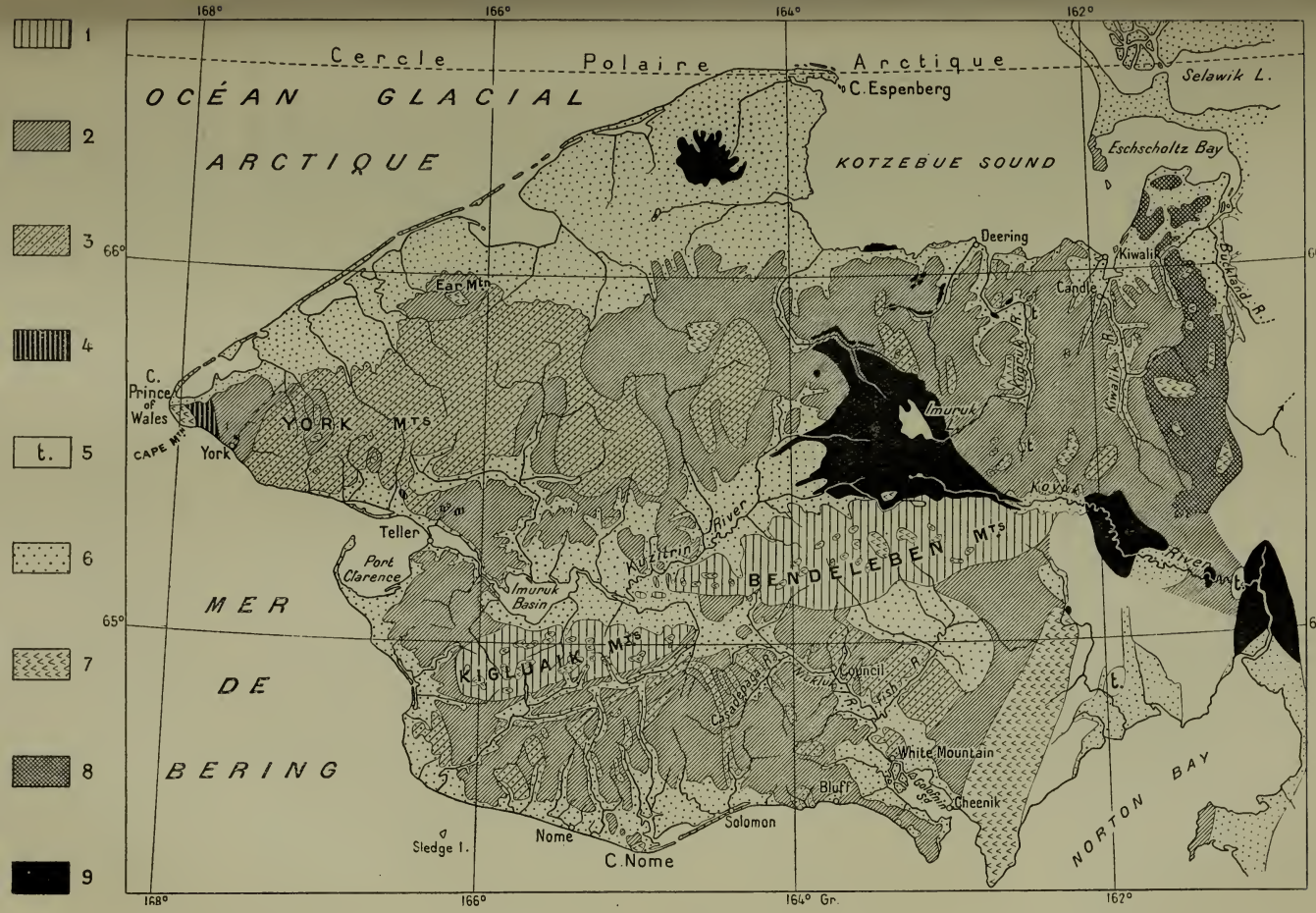


Fig. 248. — Carte géologique de la Presqu'île Seward (Alaska), d'après Philip S. Smith (*U. S. Geol. Survey*, Bull. 433, 1910, pl. II).

La Presqu'île des Tchouktches. — Au Nord de la dépression de l'Anadyr, la *Baie Sainte-Croix* pénètre profondément dans les terres. Elle se prolonge encore au Nord, c'est-à-dire à l'intérieur des terres, par les deux Baies d'Engaoughyn et d'Etelkouioum, que domine au loin à la ronde le point culminant de tout le pays, le *Matatchingaï* (2 797 m.). Le compagnon de Lütke, Postels, arriva jusqu'à la Baie d'Etelkouioum; les roches qu'il en rapporta sont, d'après Jankowsky, de la taxite trachytique, de l'andésite augitique et de la liparite. Les roches éruptives de l'embouchure de l'Anadyr pourraient bien se continuer jusque-là [1].

La côte Sud-Est de la Presqu'île des Tchouktches, qui forme la rive asiatique du Détroit de Bering, est en grande partie rocheuse. La Baie Metchigma, et, plus au Nord, la Baie Saint-Laurent, morcellent les reliefs. La Baie Saint-Laurent paraît n'être séparée que par une ligne de partage basse de la grande Baie Kolioutchin, qui s'ouvre sur l'Océan Glacial; et il en est peut-être de même de la Baie Metchigma, de sorte que les hauteurs de l'intérieur pourraient bien, comme il arrive assez souvent sous les hautes latitudes, se résoudre en groupes irréguliers [2].

Les observations isolées de Dawson, de Nordenskjöld et de leurs prédécesseurs ont pu être coordonnées grâce aux recherches approfondies de Bogdanovitch. Ses descriptions nous apprennent ce qui suit [3] :

La partie Sud-Est de la presqu'île est rocheuse, élevée (jusqu'à 884 m.) et découpée par des fjords profonds : l'un d'eux, la Providence Bay ou Plover Bay, pénètre du S.S.W. dans les montagnes; un deuxième, l'Iskagan, vient du Sud, et, du côté de l'Est, un groupe de trois fjords, dont le plus septentrional est la Baie de Koniam, se trouve séparé de la haute mer par deux îles rocheuses élevées, les Iles Ittygran (ou Chirlouk, 561 m.) et Arrakam (ou Kaïné, 554 m.). Entre la côte Nord de l'Ile Arrakam et le continent se trouve le Détroit du Séniavine.

Ces montagnes et ces îles escarpées, de Providence Bay au Détroit du Séniavine, sont constituées, abstraction faite des sommets, qui sont peut-être andésitiques, par une série de roches très complexe. Dans les

1. F. Lutké, *Voyage autour du monde exécuté par ordre de S. M. l'Empereur Nicolas Ier sur la Corvette le Séniavine dans les années 1826 ... 1829*. Partie historique, trad. par F. Boyé. In-8°, Paris, 1833-1836, III, p. 48. Alex. Postels avait cru voir du porphyre avec feldspath vitreux, etc.; W. Jankowsky, *Matériaux pour la Pétrographie du Kamtchatka et de la Baie Sainte-Croix* (Travaux Soc. des Naturalistes, St-Pétersbourg, XXIII, p. 61-70). Le prof. Lœwinson-Lessing a eu l'obligeance de m'indiquer que les échantillons étudiés par Jankowsky avaient été recueillis par Postels.

2. Sur ce point, voir Bove, *in* A. E. Nordenskjöld, *Die Umsegelung Asiens und Europas auf der Vega*, 1882, II, p. 32.

3. K. Bogdanovitch, *Esquisse de la Presqu'île des Tchouktchkes*, r. In-8°, 238 p., cartes, St-Pétersbourg, 1901.

éboulis de la côte rocheuse de la Baie d'Iskagan, Washington signale de la comendite, du porphyre quartzifère, de la rhyolite, de l'obsidienne et de la monzonite[1].

A partir du voisinage du Cap Mertens, qui marque au Sud de l'Ile Ittygran l'entrée des fjords intérieurs, des schistes argileux et des calcaires blancs schisteux apparaissent, d'après Bogdanovitch, sous cette masse de roches éruptives. Les mêmes terrains sédimentaires se montrent encore à la base des deux Iles Ittygran et Arrakam et dans les fjords intérieurs, jusqu'à la Baie de Koniam et au Détroit du Séniavine. Tantôt les schistes argileux passent à des schistes à biotite; tantôt la série sédimentaire tout entière n'affleure qu'au niveau même de la mer; tantôt elle est injectée de filons de granite, mais partout elle est recouverte par les roches éruptives plus récentes, et partout elle est fortement plissée, suivant une direction N.W., oscillant entre N. 30° W. et N. 65° W.[2].

Cette orientation N.W. semble indiquer la continuation, par delà le Détroit de Bering, de l'un des arcs de l'Alaska, et le fait, signalé par Dawson, que le granite gris qui constitue la partie la plus voisine de la longue Ile Saint-Laurent ressemble à celui de la presqu'île asiatique, confirme cette manière de voir[3].

Les choses changent au Nord du Détroit du Séniavine. Sur la côte septentrionale du détroit se jette une petite rivière, la Maritch; à l'approche de cette embouchure, la direction des calcaires et des schistes tourne au N., et à 4 verstes seulement en amont elle est N. 40° E.; il se pourrait que cette direction se continuât jusqu'à l'intérieur de la Baie de Koniam. On dirait qu'une direction américaine rencontre ici une direction asiatique (anadyrique). Des porphyres constituent le Cap Nighitchan; encore plus au Nord, la toundra s'étend jusqu'à la Baie Metchigma. Au voisinage de cette baie, on rencontre des collines basses de grès plissés, de direction N. 40° W.; il y existe du lignite. Des deux côtés de la baie s'élèvent des dômes d'andésite et de dacite; quelques-uns ont conservé la forme originelle du cratère, par exemple une montagne conique située au Nord de la baie, le Mont *Nelpynia*, d'où est sortie une coulée de dacite.

Au Nord de ce point viennent des montagnes plus élevées (741 m.) qui atteignent la mer au *Cap Novosiltzev* (Krléougoun). De ces mon-

1. H. S. Washington, *Igneous Rocks from Eastern Siberia* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XIII, 1902, p. 175-184, 1 croquis dans le texte).

2. K. Bogdanovitch, *Esquisse de la Presqu'île des Tchouktches*, p. 112-124; Alex. Postels a déjà décrit les roches d'Arrakam et reconnu la prépondérance de la direction N. W. (*in* Lutké, *Voyage autour du monde*, III, p. 32 et 44); une description de Koniam et de ses roches est donnée par A. E. Nordenskjöld, *Die Umsegelung Asiens und Europas auf der Vega*, II, p. 240.

3. G. M. Dawson, *Geological Notes on some of the Coasts and Islands of Bering Sea and Vicinity* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 117-146, en particulier p. 138 et suiv.).

tagnes, des blocs de gneiss descendent au Sud dans la Baie de Metchigma. Le cap est formé par du granite à structure souvent gneissique, avec, au sommet, un massif de diabase à olivine. Du granite gneissique forme aussi une partie de la rive méridionale de la Baie de Saint-Laurent, tandis qu'à l'intérieur de cette baie, sur le côté Nord, puis au Cap Nouniam et jusqu'au Cap Lütke on retrouve les granites éruptifs plus récents du Séniavine et les sédiments modifiés par contact que l'on connaît dans les montagnes du Sud[1]. Au delà du Cap Lütke, on ne connaît pas, jusqu'ici, de roches éruptives de ce genre. Des blocs de gneiss descendent des montagnes situées plus loin dans l'intérieur des terres, mais au Cap Kountoughelen et jusqu'au Cap Déjnev, Bogdanovitch n'a rencontré, à l'exception de blocs de granite détachés au Cap Déjnev, que des schistes, des calcaires siliceux de couleur sombre, et des brèches calcaires, c'est-à-dire une série sédimentaire normale, de direction apparemment E.-W.[2].

On peut donc, en faisant abstraction de la direction des couches, distinguer sur la côte occidentale du Détroit de Bering les sections suivantes : 1° de Providence Bay jusqu'au delà du Détroit du Séniavine, des sédiments plissés métamorphiques, traversés et recouverts par du granite, de la syénite, etc., ainsi que par des roches andésitiques; 2° jusqu'au delà de la Baie Metchigma, une plaine tertiaire et des roches éruptives récentes; 3° une zone conjecturale de gneiss et de granite, qui atteindrait la mer au Cap Novosiltzev, où elle serait recoupée par des diabases à olivine; 4° une répétition de la série du Sud (1° de Providence Bay au Détroit de Séniavine), jusqu'au Cap Lütke; 5° des sédiments normaux, schistes et calcaires, s'étendant jusqu'à l'Océan Glacial.

Nous allons maintenant suivre d'abord la ligne de hauteurs dont fait partie le Cap Novosiltzev. Elle forme le faîte de partage des eaux. Bogdanovitch note une ressemblance frappante entre la roche qui la constitue et les blocs qu'il a vus en Amérique, sur l'Anvil Creek, non loin de Nome. Dans la mesure où les indications de cet infatigable observateur nous renseignent sur la côte Nord, la série sédimentaire non modifiée du Cap Déjnev se poursuit sur une certaine distance à l'Ouest; elle fait place ensuite à une vaste toundra, interrompue par des hauteurs isolées de roches volcaniques récentes. Des nappes de trachyte et de mélaphyre s'étendent jusqu'au voisinage du Cap Serdtsé Kamen, qui, lui,

1. Déjà Eschscholtz a rapporté de la Baie Saint-Laurent un calcaire blanc, grenu, à mica blanc et paillettes de graphite; O. von Kotzebue, *Entdeckungs-Reise in die Süd-See und nach der Berings-Strasse*. In-4°, Weimar, 1821; Ad. v. Chamisso, ibid., III, p. 169; M. von Engelhardt (und Weiss), ibid., III, p. 191.

2. H. S. Washington signale de la foyaïte, avec l'indication : « South of Whalen or Itschan, East Cape »; ceci ne peut guère se rapporter qu'au poste Уэнеиъ, sur la côte Nord de Déjnev?

se compose de granite. Toutefois, Bogdanovitch remarque que le granite qu'on trouve sur les côtes de l'Océan Glacial diffère, par sa constitution comme par ses conditions générales de gisement, du granite récent du Cap Lütke et du Détroit du Séniavine; il forme des dômes qui s'étendent jusqu'aux rivages de la Baie Kolioutchin. Nous arrivons ainsi au voisinage de Pitlékaï, point où le navire de Nordenskjöld, la « *Vega* », hiverna, et les renseignements se raccordent d'une manière très satisfaisante. La description de Törnebohm montre que, d'Idlidlia (à l'Ouest du Serdtsé Kamen) à l'Ile Kolioutchin, en passant par Pitlékaï, on voit affleurer du gneiss, ainsi qu'une sorte de granulite, et en outre, sur la rive orientale de la Baie Kolioutchin, associé à ces roches, un calcaire grenu[1].

Il n'est donc pas improbable que, depuis le Cap Novosiltzev et les hautes montagnes qui se trouvent entre les Baies Metchigma et Saint-Laurent jusqu'à l'Océan Glacial, à l'Est de la Baie Kolioutchin et jusqu'à l'île du même nom, il existe une bande de granite ancien et de gneiss. Bogdanovitch dit qu'on voit, au Sud de cette baie, de hautes montagnes qui, orientées d'abord vers l'W.N.W., puis vers le N.N.W. et enfin vers le N.N.E., semblent s'étendre à l'Ouest de la baie jusqu'au Cap Onman (vers 175° de long. W.)[2].

Au *Cap Irkaïpi* (180°) et sur la montagne voisine de *Hammong Omang*, Nordenskjöld a trouvé de la diabase à olivine, reposant sur des schistes noirs contenant des débris de végétaux et appartenant peut-être au Permo-Carbonifère[3]. Le *Cap Iakan* (par 176° de long. E. environ) a fourni des brèches, des grès et des tufs porphyriques (direction N.-S. dans un petit affleurement). Au voisinage commence la série de rochers qui s'étend jusqu'au Cap Chelagskoï (Erri), à l'entrée de la Baie du Tchaoun.

Bogdanovitch attire l'attention sur l'orientation W.N.W. de toutes les croupes montagneuses de cette section, et suppose que les terrains du pays des Tchouktches se rattachent à ceux de la Baie du Tchaoun. Il faut rappeler ici que sur le Poghinden, affluent de droite du Petit Anouï, la direction dominante est encore N.E. à E.N.E., tandis que sur la Baranykha inférieure (165° de long. E.) elle est N. 30° W. Le contraste est

1. A. E. Törnebohm, « *Vega*»-*Expeditionens vetenskapliga iakttagelser*, IV, 1887, p. 122; un bloc de granite isolé de la lagune Pitlékaï a été reconnu comme différent de ces roches et identique au granite du Cap Nouniam (non loin du Cap Lütke, au Sud), tant les granites récents se distinguent nettement des autres.

2. K. Bogdanovitch, *Esquisse de la Presqu'île des Tchouktches*, p. 104; le Cap Ouman est décrit par Wrangell, *Reise längs der Nord-Küste von Sibirien*, II, p. 214; à l'Ouest, dans la direction du Cap Vankarem, on remarque les mêmes hauts rochers de porphyre granitoïde; le Cap Vankarem, de même qu'Irkaïpi et le Cap Chelagskoï, doit être en syénite à grain très fin avec hornbende vert foncé.

3. A. E. Törnebohm, ouvr. cité, p. 121.

à peu près le même qu'à la sortie du Détroit du Séniavine, ce qui tend à confirmer l'hypothèse de Bogdanovitch, qu'il existe deux arcs distincts; celui que nous avons appelé arc américain se continuerait alors jusqu'à la Baranykha.

Le Cap Baranov se montre encore effilé dans la direction de l'W.N.W. et est formé, comme les îles qui en marquent les approches, de schiste et de granite.

L'obliquité de cette direction W.N.W. des terrains par rapport au rivage donne les caractères d'une côte à rias aux hauteurs rocheuses de la région de Pitlékaï et de l'Ile Kolioutchin, puis au Cap Chelagskoï et à l'île rocheuse de Rautan (à la sortie de la Baie du Tchaoun), enfin aux deux Caps Baranov (le Grand et le Petit) et aux îles du même nom [1].

Rapports de l'Asie avec l'Amérique. — Bogdanovitch a essayé de dégager ces relations [2]. Depuis, les travaux des géologues américains ont sans doute éclairci bien des points, mais en même temps ils font voir la difficulté particulière de la tâche. Cette difficulté vient de ce que la Presqu'île Seward est moins une région de directrices nettement marquées que le siège d'intrusions locales très limitées et d'âge différent. Ces intrusions se répètent, il est vrai, du côté de l'Asie. Les Monts Roumanzov arrivent à la côte sous une grande largeur. Le Kotzebue Sound et le plat pays qui va jusqu'à l'Ile Shishmaref répondent à un affaissement des Monts Roumanzov. Le petit lambeau de terrains sédimentaires normaux orientés E.-W. qu'on rencontre auprès du Cap Déjnev correspond peut-être au Silurien de même direction qui occupe les hauteurs du Nord de la Presqu'île Seward.

Les York Mountains (600 m. environ) sont entourées, à la hauteur de 600 pieds (183 m.), par une terrasse nettement marquée. Au delà du granite stannifère de Cape Mountain se dresse dans le Détroit de Bering l'îlot abrupt de *Fairway Rock*; d'après Lopp, il est également formé de granite. Il présente à l'altitude de 600 pieds un sommet aplati, comme si la terrasse bordière des York Mountains se continuait au delà de la

1. Bogdanovitch a éprouvé quelque hésitation sur la prépondérance de la direction W.N.W. dans une très grande partie du pays, ayant noté assez fréquemment des couches s'orientant au N.E. Néanmoins, dans l'ensemble, on constate que la direction N.E. domine dans les régions situées au Sud et à l'Ouest, et que la direction W.N.W. caractérise plutôt les régions situées au Nord. C'est ce que l'on peut voir non seulement sur l'Anoui (Poghinden), mais aussi dans la partie méridionale de la Presqu'île des Tchouktches. C'est seulement au fond de la Baie de Koniam et sur la rivière Maritch que l'on retrouve localement la direction N.E., toutefois avec passage par la direction N.-S. La direction N.E. reparaît une dernière fois dans la Baie Saint-Laurent. [Sur la géologie de l'extrême Nord-Est de la Sibérie, voir l'ouvrage, déjà cité, de I. P. Tolmatchev, *Voyage à la Presqu'île des Tchouktches dans la Mer Glaciale...* (r). In-8°, St-Pétersbourg, 1912.]

2. K. Bogdanovitch, *Esquisse de la Presqu'île des Tchouktches*, p. 142 et suiv.

mer[1]. La grande *Ile Diomède* est, d'après Dall, constituée par de la syénite[2]; là aussi, on a trouvé de l'étain. D'après cela, on peut supposer que Cape Mountain, avec ses calcaires cristallins, modifiés au contact du granite, et les Iles Fairway et Diomède représentent la continuation des roches intrusives et des sédiments métamorphiques que Bogdanovitch a rencontrés du Cap Lütke et de la Baie Nouniam à la Baie Saint-Laurent.

Il est beaucoup plus difficile de se faire une opinion sur la zone qui vient immédiatement au Sud. Plusieurs observations semblent indiquer que la traînée de granite et de gneiss que nous avons suivie du Cap Novosiltzev à Pitlékaï et à l'Ile Kolioutchin, puis à la Baie du Tchaoun est en réalité d'âge ancien. Ce serait alors le trait essentiel du pays des Tchouktches. Son orientation N.W. ou W.N.W. concorderait avec la direction N. 40° W. des plis dans la région tertiaire qui, dans le voisinage, borde au Sud la Baie Metchigma, et aussi avec l'hypothèse qu'elle représenterait un fragment de l'un des arcs des Alaskides. Il est vrai que, dans l'Alaska, on ne pourrait en chercher la continuation que dans les Iles Chamisso et Puffin (Baie d'Eschscholtz) et dans le Mont Kiwalik.

On pourrait supposer, d'ailleurs, que ces derniers points représentent, dans le prolongement du bord septentrional des Flats, la zone la plus interne, la plus méridionale, des Monts Roumanzov; mais cette hypothèse manque de base suffisante[3].

Dans le soubassement des Iles Ittygran et Arrakam et jusqu'à Séniavine, la direction N.W. à W.N.W. se répète. Le granite gris de Providence et de Séniavine est identique, d'après Dawson, au granite du flanc occidental de l'Ile *Saint-Laurent*. Cette île, allongée vers le W.N.W. sur 130 kilomètres, présente dans ses parties hautes des tufs volcaniques; il y existerait aussi de petits cônes. Chamisso signale également du granite dans le Sud de l'île. Collier y a trouvé un fossile carbonifère[4]. Mais ces différentes circonstances laissent tout au plus supposer que la plaine du bas Yukon recouvre une région traversée d'intrusions granitiques, à peu près de la même manière que la Presqu'île Seward.

D'après Hooper, l'île peu étendue, mais élevée, qui porte le nom de *King's Island* est en basalte[5].

1. A. H. Brooks, etc., *A Reconnaissance in the Cape Nome Region*, 1901, p. 34, 52, 59, 132; pl. XIII, carte de la région d'York, par Brooks.

2. W. H. Dall, *Report on Coal and Lignite of Alaska* (17th Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 835).

3. Les observations de A. J. Collier (U. S. Geol, Survey, Bull. n° 229, p. 28) permettent de supposer que les granites stannifères récents suivent la direction des couches, comme ceux du Cornwall.

4. G. M. Dawson, *Geological Notes on some of the Coasts and Islands of Bering Sea* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 138-140); Chamisso *in* Kotzebue, *Entdeckungs-Reise in die Süd-See*, III, p. 170.

5. Capt. C. L. Hooper, *Report of the Cruise of the U. S. Revenue Steamer Corwin...* In-8°, Washington, 1881, p. 15.

A mesure que la mer s'élargit vers le Sud, il devient plus difficile de relier les deux rivages. Il semble qu'à l'Ouest, à partir de la Baie Sainte-Croix, la nature de la côte change. La hauteur, tout à fait exceptionnelle pour cette région, du Matatchingaï (2 797 m.), et les roches andésitiques et liparitiques que l'on connaît au voisinage de son pied, soulèvent même la question de savoir s'il n'y a pas là une trace de l'arc volcanique du Kamtchatka, qui reparaîtrait après une longue interruption. Mais l'espace intermédiaire, comme on a pu le voir, est presque complètement inconnu.

Revenons à la traînée conjecturale de gneiss et de granite Novosiltzev-Kolioutchin.

La direction N. 30° W., disions-nous, apparaît encore sur la Baranykha, à l'Ouest de la Baie du Tchaoun (167° de long. E., 68° 34′ à 69° 9′ de lat. N.) et recoupe la direction N.E. de la Kolyma et par conséquent les Anadyrides (III, 3e partie, p. 1082). S'il existe une relation quelconque entre cette direction et les Alaskides, on doit s'attendre à ce que les directions N.W. et N.N.W. s'accusent de plus en plus vers l'Ouest. En fait, c'est ce que les études du baron de Toll établissent pour les *Iles de la Nouvelle-Sibérie* [1].

Au Nord de 70°, à l'Est de la basse Iana, tout à fait à l'extrémité du Tass Haïakhtakh, le Trias affleure (III, 3e partie, p. 1075). Vient ensuite une large toundra, au-dessus de laquelle se dressent, du côté du Sviatoï Noss, des roches éruptives basiques; au delà, on arrive au Détroit de Laptev. Sur le bord méridional de l'Ile *Liakhov*, à trois degrés de latitude au Nord du Trias du Tass Haïakhtakh, apparaissent des montagnes qui n'ont aucun rapport avec l'arc de Verkhoïansk. Quatre dômes de granite distincts s'élèvent dans Liakhov au-dessus d'une plaine au sol gelé, qui contient de nombreux restes d'Éléphants. « Je ne pus m'empêcher de penser, dit Bunge, que, si la température du sol venait à s'élever au-dessus de 0°, fût-ce même pour peu de temps, l'île cesserait en un instant d'exister : elle se changerait en une bouillie liquide qui s'écoulerait de toutes parts [2]. » Il n'en subsisterait alors que les dômes de granite, ou peut-être une zone granitique continue, qui aurait au moins 70 kilomètres de largeur.

La plus grande île de l'archipel, *Kotelny*, s'étend au voisinage du 140e méridien sur environ 170 kilomètres. Dans le Sud, Toll trouva du Trias contenant *Pseudomonotis ochotica*; pour le reste, l'île, à part quelques roches éruptives basiques, comprend, le long de la côte Ouest,

1. Baron E. Toll, *Esquisse géologique des Iles de la Nouvelle-Sibérie*, r. (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 8e sér., IX, n° 1, 1899, 20 p., carte, en particulier p. 16).

2. Alex. Bunge, *Die von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften ausgerüstete Expedition nach den Neusibirischen Inseln und dem Jana-Lande*, p. 256.

une chaîne de direction N.N.W. formée de Dévonien supérieur, et, le long de la côte Est, une chaîne de même direction, formée de Silurien supérieur, que Toll a appelée les *Monts Schmidt*.

La Terre de Bunge, région plate qui s'y relie à l'Est, et la grande Ile Fadéïev ne sont que des lambeaux de sol gelé.

Dans l'Ouest de la *Nouvelle-Sibérie*, qui est l'île la plus orientale, se trouvent les fameuses *montagnes de bois*, dont il a déjà été question dans cet ouvrage (II, p. 772). Ce sont des troncs d'arbres compris dans un dépôt tertiaire lignitifère contenant des feuilles de *Sequoia Langsdorffi*, *Populus arctica*, etc. Ces couches sont disposées en plis aigus affectant la direction N.N.W., et s'étendent jusqu'à l'extrême pointe de l'île, au Cap Vyssoki, où elles se montrent redressées verticalement [1].

Il est donc établi que cette région, entre 75° et 75° 30′, a subi un plissement miocène ou post-miocène. Nous ne pouvons nous empêcher de penser que les Iles de la Nouvelle-Sibérie font partie, elles aussi, de l'édifice des Alaskides. Elles aussi présentent leurs plis les plus récents à l'Est, c'est-à-dire sur le bord interne, de même que les Monts Roumanzov.

Dans la *Terre de Bennett*, De Long trouva des roches éruptives. Le baron de Toll, en août 1901, arriva devant les côtes de l'île. La banquise l'empêcha d'aborder; mais le brouillard s'ouvrit pour un peu de temps et lui permit d'apercevoir le Cap Emma, haut de 2 000 à 3 000 pieds (600 à 900 m.) et entièrement couvert de neige. Des roches volcaniques, apportées par les glaciers, furent recueillies sur la glace [2]. Cela ne satisfit pas l'intrépide explorateur. Il a payé de sa vie la continuation de ses recherches. Ses dernières notes nous apprennent que la Terre de Bennett reproduit la structure du plateau ancien de la Sibérie Orientale. Schmidt a décrit comme provenant de ses collections *Anomocare excavata* et des schistes à Graptolithes, et Nathorst des plantes triasiques et jurassiques [3].

Montagnes du bas Yukon. — Toutes les montagnes qui s'élèvent au-dessus de la vaste dépression du bas Yukon présentent la direction S.W.

1. Baron E. von Toll, *in* J. Schmalhausen, *Tertiäre Pflanzen der Insel Neusibirien* (*Wissenschaftliche Resultate der von der k. Akademie zur Erforschung des Janalandes ausgesandten Expedition*, II). (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 7e sér., XXXVII, n° 5, 1890, p. 1 et suiv.).

2. *Rapport sur les Travaux de l'Expédition Polaire Russe dirigée par le Baron Toll*, r. (Bull. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 5e sér., XVI, 1902, p. 203).

3. Petermanns Mitteil., L, 1904, p. 105 (d'après le Journal de Saint-Pétersbourg du 5/18 avril 1904); Koltchak, *La Dernière Expédition à l'Ile Bennett*, etc., r. (Isviest. Soc. Imp. Russe de Géogr., XLII, 1906, p. 487-519); Schmidt, Procès-verb. Soc. des Naturalistes, St-Pétersbourg, novembre 1904, p. 434; A. G. Nathorst, *Ueber Trias- und Jurapflanzen der Insel Kotelny* (Mém. Acad. Imp. des Sc., St-Pétersbourg, 8e sér., XXI, n° 2, 1907, 13 p., 2 pl.).

Le Koyukuk sort déjà des terrains anciens un peu au Sud de 67°; mais la chaîne peu élevée, allongée vers le S.W., des *Yukon Mountains*, qui sépare le Koyukuk du Melozi, représente soit un prolongement des terrains méridionaux des Monts Roumanzov, soit un nouveau rameau divergent de la virgation. Son extrémité sud-occidentale n'a pas été explorée.

Le canyon d'au moins 150 kilomètres de longueur dans lequel le Yukon s'engage près de Fort Hamlin, lorsqu'il sort des Flats par leur angle S.W., est creusé en grande partie dans des diabases dévoniennes et des schistes verts : c'est là que se trouvent les « Remparts du Yukon »[1]. Ce sont des roches semblables et des schistes plus anciens qui forment la longue croupe des *Gold Mountains* entre le Yukon et le Melozi, et, plus loin encore au Sud-Ouest, au Sud du Yukon, les *Monts Kaiyuh*, également dirigés vers le S.W., qui se poursuivent jusque près de 63° à travers la plaine du bas Yukon[2]. Ils paraissent alors se recourber en croissant vers l'Ouest, et c'est probablement leur prolongement qui forme les caps au Sud de 62°. Mais on ne dispose à leur sujet que de brèves indications de Dall.

Les *Monts Kuskokwim*, situés plus loin encore au Sud, ont été décrits par Spurr[3]. Bas dans le Nord, ils s'élèvent graduellement vers le S.S.W. Par environ 154° 20′, au N. de 63°, le Kuskokwim River, venu des Alaska Mountains, pénètre de l'Est dans la chaîne. Il la traverse dans un long canyon, puis tourne à l'Ouest, quitte alors les montagnes, et va se jeter dans la mer au Nord de leurs prolongements. Les montagnes se poursuivent d'abord, sous forme de massifs isolés, dans la même direction S.S.W., puis forment les *Monts Oklune* (Ahklun) : sur leur bord septentrional (60° de lat. N., 160° de long. W.), le Mont Oratia s'élève à une altitude évaluée à 7 300 pieds (2 225 m.); enfin ces montagnes s'avancent dans la Mer de Bering en formant le Cap Newenham.

Le canyon du Kuskokwim, dans sa partie septentrionale, est entaillé dans des calcaires à Polypiers appartenant au Dévonien moyen; vient ensuite, en aval, sur une longue distance, une arkose granitique contenant des débris végétaux et des Inocérames, et traversée par de longs dykes de porphyre d'un jaune vif, qui forment des murailles abruptes.

1. L. M. Prindle and Frank L. Hess, *The Rampart Gold Placer Region, Alaska* (U. S., Geol. Survey, Bull. n° 280, 1906, 54 p., 7 pl., dont 2 cartes géol.).

[2. Voir A. G. Maddren, *The Innoko Gold-Placer District, Alaska, with accounts of the Central Kuskokwim Valley and the Ruby Creek and Gold Hill Placers* (U. S. Geol. Survey, Bull. 410, 1910, 87 p., 5 pl. cartes, dont 1 carte géol.), et *The Ruby Placer District* (Bull. 520, 1912, p. 287-296, pl. XIV : carte).]

3. J. E. Spurr, *A Reconnaissance in Southwestern Alaska in 1898* (20th Ann. Rept., U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 7, p. 31-264, pl. VII-XIII, cartes 4-14).

A partir des environs de Kolmakof (à l'Ouest de 159°), apparaît un tuf andésitique de couleur sombre. Les Monts Oklune sont constitués par des tufs anciens et des schistes calcaires à *Aucella*. Là aussi, on voit de longs dykes éruptifs, qui se dressent à une grande hauteur. Vers le Sud-Est, du basalte apparaît en abondance.

Les plissements, dans le cañon du Kuskokwim, décèlent de grandes irrégularités de direction. Toutefois ils conservent jusqu'à la mer l'orientation générale du S.S.W., et, bien qu'ils se projettent dans la mer, ils présentent dans l'ensemble, d'après Spurr, une structure synclinale.

Alaska Mountains. — Les Alaska Mountains, qui portent le plus haut sommet de l'Amérique du Nord, forment la branche septentrionale de l'arc majeur des Alaskides, l'arc des Aléoutiennes. Spurr a montré l'unité de son tracé curviligne. L'arc apparaît un peu au Sud de la Tanana (64°) et atteint, dans sa partie la plus méridionale, 51° 25′. Pour décrire sa structure, nous le diviserons en trois parties : les Alaska Mountains, la Presqu'île d'Alaska, et les Iles Aléoutiennes.

Au fond du Cook Inlet débouche une série de cours d'eau qui convergent comme les rayons d'un cercle ; la direction de leurs vallées ne concorde que partiellement avec celle des couches, mais elles ont une influence décisive sur la configuration de la surface. De l'Ouest vient la Skwentna, qui reçoit la Yentna et se jette non loin de la mer dans la Sushitna, laquelle descend du Nord. Du Nord-Est arrive la Matanuska ; elle se termine dans le Knik Arm ; enfin on peut ajouter un fjord ou un bras de mer, le Turnagain Arm, qui vient de l'Est et représente plutôt une partie de l' « eyd » séparant la Presqu'île de Kenai du continent, auquel cette péninsule n'est rattachée que par une dépression de 18 kilomètres de large, en partie occupée par un glacier.

Toute la région comprise entre ces cours d'eau est couverte de hautes montagnes, qui portent de nombreux glaciers. La partie située au Sud de la Skwentna est occupée par les *Monts Tordrillo*. Au Nord de la Skwentna et jusqu'à la Sushitna se dressent les *Alaska Mountains*, la plus élevée et la plus sauvage de toutes ces chaînes. L'espace compris entre la Sushitna et la Matanuska est occupé par les *Monts Talkeetna*, qui tombent à l'Est sur le plateau de la Rivière du Cuivre. Quant aux montagnes situées au Sud de la Matanuska, nous ne les considérons pas comme faisant partie de l'arc de l'Alaska (fig. 249).

Transportons-nous maintenant dans la région du rebroussement.

Au Nord de la Tanana, la bande de gneiss que les géologues canadiens désignent sous le nom de « géanticlinal du Yukon » forme l'extrémité de l'axe principal des Montagnes Rocheuses. Brooks place cette

extrémité par 64° 20′ de lat. N. et 147° de long. W. Tandis que ce gneiss des Montagnes Rocheuses se poursuit avec la direction de l'Est, puis du Sud-Est, une chaîne plus méridionale commence au Sud de la Tanana, tout près de cette rivière; son point de départ est voisin de 63° de lat. N. et 143° de long. W. Ses schistes anciens forment le flanc Nord-Est des Monts Mentasta, dont le flanc Sud est constitué par des calcaires du Carbonifère supérieur et du Permien, et s'abaisse vers les volcans du groupe des Monts Wrangell. Les schistes s'élèvent rapide-

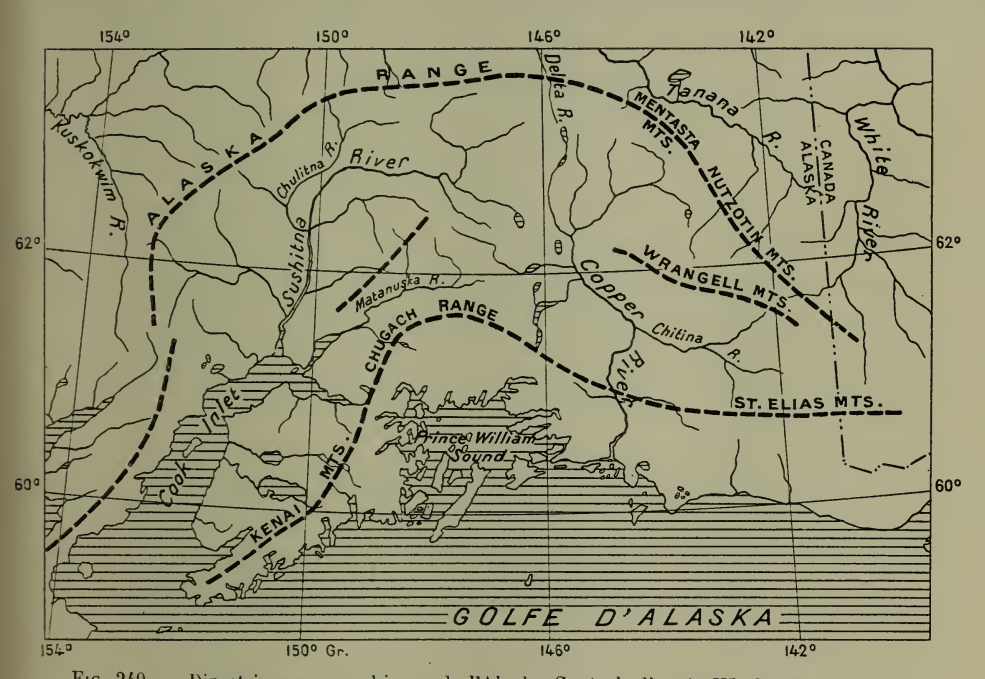


Fig. 249. — Directrices orographiques de l'Alaska Central, d'après W. C. Mendenhall (*U. S. Geol. Survey, Professional Paper* n° 41, 1905, p. 80, fig. 7).

Échelle de 1 : 7 000 000.

ment vers l'Ouest. Alors que les sommets des Montagnes Rocheuses, au Nord de la Tanana, n'atteignent guère que 1 800 mètres, cette chaîne dépasse bientôt 3 000 mètres au Mont Kimball et, plus à l'Ouest, par 147°, 4 400 mètres au Mont Hayes (voir ci-dessous, p. 1173, fig. 267).

Ce sont ces hautes montagnes qui bordent au Nord le plateau de la Rivière du Cuivre. Le flanc méridional du Mont Kimball est traversé de ce côté par un affaissement linéaire très profond, où se trouvent des calcaires carbonifères et permiens. Plus au Sud, les roches anciennes reparaissent encore une fois sur le bord du plateau de la Rivière du Cuivre. D'après Mendenhall et Schrader, cette dislocation est si

récente que des lambeaux de lignites tertiaires s'y montrent pincés dans les terrains antérieurs[1].

Brooks a formulé l'impression que les axes des chaînes principales ne se rencontrent pas, mais plutôt qu'ils se relaient[2]. *Les Montagnes Rocheuses ne remplacent pas d'une façon directe, par rebroussement (Schaarung), les Monts de l'Alaska*, comme le font les zones méridionales au voisinage de la Baie Tchougatsk [Chugatch]. Les Alaska Mountains s'insinuent plutôt, par l'intermédiaire d'un prolongement qui dépasse le méridien de la région de contact, au Sud des Montagnes Rocheuses, lesquelles se terminent, par 147°, sous le méridien du Mont Hayes.

Le dernier éperon des Alaska Mountains, le Mont Chisana, est formé de schistes cristallins violemment contournés. Mendenhall a traversé la chaîne à l'Est du Mont Hayes, en partant du Sud, c'est-à-dire du plateau de la Rivière du Cuivre. Il rencontra au pied du versant méridional un granite récent, indemne de modifications dynamiques, puis des gabbros et diabases déformés; mais à l'intérieur de la chaîne il ne trouva que les mêmes schistes (désignés ici sous le nom de *Tanana schists*) qui, de l'autre côté de la rivière, enveloppent le gneiss et constituent dans l'Ouest un grand nombre des chaînons de direction S.W. (Monts Kaiyuh, etc.)[3]. D'après les observations d'Eldridge, les mêmes schistes forment à l'W.S.W. de ce point, par 149° de long. W., une large bande et rejoignent la zone principale, qui porte sur son versant occidental le Mont McKinley. En même temps, ils embrassent à l'Est de cette même chaîne la vallée de la Sushitna, sur la rive droite de laquelle une longue traînée de granite fait saillie au milieu des schistes[4].

Sur la structure du *Mont McKinley* (20 300 pieds = 6 187 m.) et du Mont Foraker (17 100 pieds = 5 212 m.), situé à 24 kilomètres plus au Sud, Brooks rapporte ce qui suit[5] :

1. W. C. Mendenhall and F. Schrader, *The Mineral Resources of the Mount Wrangell, District, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper n° 15, 1903. In-4°, 71 p., 10 pl. dont 4 cartes; en particulier p. 46 et 66). [Voir aussi Fred H. Moffit, *Headwater Regions of Gulkana and Susitna Rivers, Alaska, with accounts of the Valdez Creek and Chistochina Placer Districts* (U. S. Geol. Survey, Bull. 498, 1912, 82 p., 10 pl. dont 1 carte topogr. et 2 cartes géol., 9 fig.) ; signale la découverte du Trias marin au Sud de l'Alaska Range, par 147° de long. W., à l'Est de la haute vallée de la Sushitna.]

2. A. H. Brooks, *A Reconnaissance in the Tanana and White River Basins, Alaska, in 1898* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 7, p. 425-494, pl. XXXVII-XXXVIII, cartes 22-25; en particulier p. 452).

3. W. C. Mendenhall, *A Reconnaissance from Resurrection Bay to the Tanana River, Alaska, in 1898* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 7, p. 265-340, pl. XIV-XXI, cartes 15-17; en particulier p. 313).

4. G. H. Eldridge, *A Reconnaissance in the Sushitna Basin and Adjacent Territory, Alaska, in 1898* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 7, p. 1-29, pl. I-VI, cartes 1-3).

5. A. H. Brooks and D. L. Reaburn, *Plan for Climbing Mt. McKinley* (Nat. Geogr. Mag., XIV, 1903, p. 30-35, 1 carte dans le texte) [et A. H. Brooks, *An Exploration to Mount McKinley, America's Highest Mountain* (Journ. of Geogr., Chicago, II, 1903, p. 441-469, 1 carte, 13 phot.)] ;

La formation la plus inférieure se montre sur le versant septentrional et pourrait bien être un gneiss archéen authentique. On rencontre ensuite un conglomérat métamorphique, passant souvent au gneiss. Au-dessus vient une série de schistes et de phyllades, puis des calcaires, des schistes et des lits sableux contenant des fossiles du Silurien inférieur; un calcaire dévonien occupe en outre de grandes surfaces. Vient enfin, au Sud, un puissant ensemble de grès et de schistes à fossiles mésozoïques, qui diminue d'importance vers le N.E. et finit par disparaître complètement. Il se pourrait que les pics les plus élevés du McKinley et du Foraker fussent constitués par une traînée intrusive récente de granite (ou de granodiorite). Nous avons déjà mentionné une autre bande de granite du même genre dans la vallée de la Sushitna [1].

Les sédiments se succèdent donc ici par

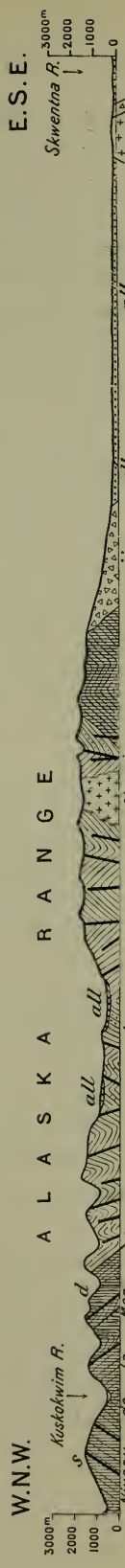


Fig. 230. — Coupe à travers l'Alaska Range au Sud-Ouest du Mont McKinley, d'après A. H. Brooks (*U. S. Geol. Survey, Professional Paper 70*, 1911, pl. IX, Section A-B).

p. Paléozoïque indéterminé; *s*. Ordovicien ou Silurien (*Tatina group*); *d*. Dévonien (*Tonzona group*); *jm*. Jurassique moyen, partie inférieure : schistes, tufs et roches éruptives intercalées (*Skwentna group*); *js*. Jurassique moyen : partie supérieure (*Tordrillo formation*); γ. Roches intrusives : granites, granodiorites et diorites; *all*. Graviers, dépôts glaciaires et alluvions. — Échelle des longueurs 1 : 625 000; hauteurs doublées.

A. H. Brooks, *Investigations in Alaska. Mount M'Kinley Region* (24th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1902-3, p. 94-102); et *The Geography and Geology of Alaska*, p. 34 et suiv., carte, pl. XI. [Voir surtout l'important mémoire de A. H. Brooks, *The Mount McKinley Region, Alaska, with Descriptions of the Igneous Rocks and of the Bonnifield and Kantishna Districts*, by L. M. Prindle (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 70, 1911). In-4°, 234 p., 18 pl. dont 1 carte orogr. et 1 carte géol. de l'Alaska Central (pl. II et VIII), 1 carte topogr. et 1 carte géol. de la région du Mont McKinley à 1 : 625 000 (pl. III et IX), 1 carte du Yentna District à 1 : 250 000 (pl. XV), 1 carte géol. des Environs de Fairbanks (pl. XVII) et 23 phot., 30 fig. dans le texte. Consulter en outre Stephen R. Capps, *Gold Placers of the Yentna District* (U. S. Geol. Survey, Bull. 520, 1912, p. 174-200, pl. VIII, IX : carte générale et carte géol.).]

[1. Sur ces roches granitoïdes intrusives, qui constituent effectivement les principaux sommets de l'Alaska Range et qui percent des couches d'âge jurassique moyen, voir A. H. Brooks et L. M. Prindle, Profess. Paper 70, 1911, p. 52, 91 et 136-146. — Le Mont McKinley, que le Dr. Fred. H. Cook, après une tentative infructueuse faite en 1903 (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XXXVI, 1904, p. 321-327, 1 carte), prétendait avoir escaladé en 1906 (voir son livre : *To the Top of the Continent*. In-8°, New York, 1908), n'a été réellement gravi pour la première fois qu'en 1912, par un alpiniste de Tacoma, Belmore H. Browne; H. C. Parker, *The Conquest of Mount McKinley* (Appalachia, XIII, 1913, p. 32-39, pl. X, XI, phot.; Alpine Journal, London, XXVII, 1913, p. 189-195, 3 pl. phot).]

ordre d'ancienneté relative, du Nord au Sud (fig. 250), tandis que dans les Monts Roumanzov, la série va du Sud au Nord. —

La chaîne principale des Alaska Mountains possède des sommets s'élevant jusqu'à 10 000 pieds [3 000 m.] par 62° de lat., et atteint encore l'altitude de 5 000 à 6 000 pieds [1 500 à 1 800 m.] auprès du Lac Clark. Plus à l'Est, la vallée de la Sushitna s'élargit déjà à environ 140 kilomètres en amont du Cook Inlet. Les terrains schisteux anciens disparaissent sous une bordure de dépôts de la série de Kenai, et l'on arrive dans une large plaine alluviale qui se continue jusqu'au Cook Inlet.

A l'Ouest de cette plaine, sur la rive gauche du bas Yentna, se dresse une montagne solitaire, le *Mont Yenlo* (62° 8′ de lat. N., 151° 15′ de long. W., 3 000 à 4 000 pieds [900 à 1 200 m.]). On trouve à son pied de la pierre ponce; d'après Spurr, c'est le plus septentrional des volcans aléoutes.

L'intérieur des sauvages Monts *Talkeetna* est inconnu : ils sont limités à l'Ouest par la vallée de la Sushitna, au Sud-Est par celle de la Matanuska. La rivière *Matanuska* naît sur le plateau de la Rivière du Cuivre et, après avoir coulé au Sud-Ouest, se jette dans le Knik Arm. Martin a eu l'impression que la rivière suit une fosse d'effondrement de 11 à 13 kilomètres de large, limitée par des fractures à peu près rectilignes et parallèles. Mais il ajoute que cette impression est peut-être due en partie à la grande résistance des roches qui forment les versants (fig. 251). Mendenhall y a trouvé *Aucella crassicollis* et des Bélemnites. Il existe aussi du lignite et une veine d'anthracite, probablement mésozoïque[1].

Les *Monts Tordrillo*, qui ont été traversés par Spurr, sont un contrefort à peine distinct des Alaska Mountains. Toutes leurs roches datent de la fin de l'ère mésozoïque. Ce sont des laves basiques et des tufs, alternant avec une arkose granitique, et au-dessus, des schistes noirs, un calcaire impur et de l'arkose contenant des débris de végétaux, le tout affecté d'une structure synclinale et traversé de nombreux filons de nature variée (depuis l'aplite jusqu'au gabbro). La plupart de ces dykes suivent la direction des couches. L'arête médiane de la chaîne

1. W. C. Mendenhall, 20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 7, p. 307 et suiv.; G. C. Martin, *A Reconnaissance of the Matanuska Coal Field, Alaska in 1905* (U. S. Geol. Survey, Bull. 289, 1906, 36 p., 5 pl. dont 2 cartes; en particulier p. 17). [Voir aussi S. Paige and Ad. Knopf, *Reconnaissance in the Matanuska and Talkeetna Basins* (U. S. Geol. Survey, Bull. 314, 1907, p. 104-125), et *Geologic Reconnaissance in the Matanuska and Talkeetna Basins, Alaska* (Ibid., Bull. 327, 1907, 71 p., 4 pl. dont 1 carte topogr. et 1 carte géol., 4 fig.); G. C. Martin and F. J. Katz, *Geology and Coal Fields of the Lower Matanuska Valley, Alaska* (Ibid., Bull. 500, 1912, 98 p., 19 pl. dont 2 carte topogr., 2 cartes géol. et 2 pl. de coupes, 12 fig.).]

(Cathedral Peak, 5 500 pieds, 1 676 m.) est formée par un dyke de syénite quartzifère de plusieurs kilomètres de large[1].

Il faut encore jeter un coup d'œil sur la plaine du *fond du Cook Inlet*. On a mentionné un sommet volcanique, le Mont Yenlo. Une montagne isolée, à l'Ouest de l'embouchure de la Sushitna, le Mont Sushitna, est constituée par un granite d'âge inconnu. Bien que la vallée de la Sushitna forme l'extension principale de cette plaine, on verra bientôt

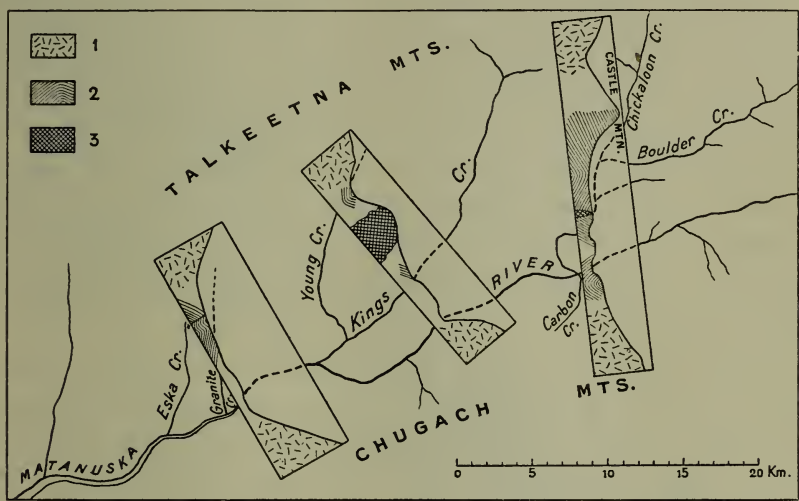


Fig. 251. — Trois coupes à travers la dépression tertiaire de la Matanuska, d'après G. C. Martin (*U. S. Geol. Survey*, Bull. n° 289, 1906, p. 16, fig. 2).

1. Roches cristallines (granite, etc.); 2. Marnes, grès et conglomérats, avec couches de houille (Tertiaire); 3. Roches intrusives (diabase et porphyre). — Échelle des longueurs 1 : 500 000; hauteurs doublées.

que ce sont les Baies Knik et Matanuska qui constituent les prolongements tectoniques du Cook Inlet.

La Presqu'île d'Alaska (II, p. 321). — Il n'y a peut-être pas une seule partie des guirlandes pacifiques qui soit aussi bien connue que cette presqu'île, avec le Détroit de Shelikof et le Cook Inlet. Les faits ainsi mis en évidence étant quelque peu inattendus, il convient d'apporter à leur étude une attention particulière (fig. 252).

La haute chaîne des Alaska Mountains, avons-nous dit, atteint au Sud le Lac Clark (entre 61° et 60° de lat. N.). Une série d'autres grands lacs, l'Iliamna, le Kukaklek, le Naknek, le Becharof, se poursuit le long de la presqu'île jusqu'aux Lacs Ugashik, qui atteignent la latitude

1. J. E. Spurr, 20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 7, p. 149, 225, et ailleurs.

de 57° 15′. Ils se déversent tous à l'Ouest, à travers une plaine bordière, dans la Bristol Bay [1].

Une bande très constante et très étroite de granite, désigné aussi par places sous le nom de syénite, court le long de la presqu'île, et justement au voisinage même de la zone des lacs. On ne peut pas démontrer qu'elle constitue le prolongement direct des Alaska Mountains. Elle représente, selon toute vraisemblance, une coulisse un peu plus orientale, à laquelle appartient peut-être la montagne granitique isolée du Sushitna. En tout cas, elle apparaît déjà comme une ligne continue par 60° de lat.; elle s'élargit un peu au Mont Johnson, au Sud du Lac Naknek, passe par les extrémités occidentales des lacs suivants, et doit, d'après les renseignements donnés par Purington et reproduits par Dall, arriver sur le versant Ouest de la presqu'île jusqu'au voisinage de Port Möller (56°). Grewingk indique même des points plus méridionaux.

Spurr a montré le premier que cet alignement granitique, qui se poursuit sur quatre degrés de latitude, est d'âge anté-jurassique [2]. Cela résulte de l'existence de conglomérats granitiques jurassiques et d'arkose jurassique.

Les plus anciens sédiments, abstraction faite des schistes redressés de Woody Island (Kodiak), sont les couches triasiques à *Pseudomonotis subcircularis* de l'entrée de la Cold Bay (57° 40′) et d'un cap situé plus au Nord [3]. Pompeckj rapporte au Lias supérieur les fossiles de la Baie Kialagvik (57° 30′) [4].

La succession des couches supérieures a été étudiée par Martin et Stanton [5].

[1. Voir G. C. Martin and F. J. Katz, *Outline of the Geology and Mineral Resources of the Iliamna and Clark Lakes Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. 442, 1910, p. 179-200, pl. V : carte géol.), et *A Geologic Reconnaissance of the Iliamna Region, Alaska* (Ibid., Bull. 485, 1912, 138 p., 20 fig., 9 pl. dont 1 carte topogr. et 1 carte géol. à 1 : 250 000).]

2. J. E. Spurr, *A Reconnaissance in Southwestern Alaska in 1898* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-'99, part 7, p. 145-147, 232, cartes n°s 12 et 14). Une liste des travaux antérieurs se trouve dans Grewingk, mém. cité, p. 193. [Sur la géologie de la Presqu'île d'Alaska, voir W. W. Atwood, *Mineral Resources of Southwestern Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 379, 1909, p. 108-152, pl. V et VI : carte géol. et coupes, fig. 2-14); *Geology and Mineral Resources of Parts of the Alaska Peninsula* (Ibid., Bull. 467, 1911, 137 p., 14 pl. dont 2 cartes topogr. et 3 cartes géol., 18 fig. dans le texte).]

3. Au tome II du présent ouvrage (p. 323), on a indiqué le Cap Nunakhalkak, où Pinart a découvert ses fossiles, comme se trouvant par 58° 20′ environ : d'après W. H. Dall (17th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 870), ce point se trouve sur les bords de la Cold Bay, par 57° 40′; G. C. Martin (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 250, 1905, p. 53) nomme le même cap, situé sur la côte Nord-Est de la Cold Bay, Cap Kekurnoi.

4. J. F. Pompeckj, *Jura-Fossilien aus Alaska* (Verhandl. Russish-k. Mineralog. Gesellsch., St.-Petersburg, 2. Ser., XXXVIII, 1900, p. 239-282, pl. V-VII); A. Hyatt (17th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 906) a signalé avec doute du Lias dans la Baie Kamischak (59°-59° 30′); Kialagwit, d'après Dall (ibid.), appartient à l'Oolithe inférieure.

5. G. C. Martin, *The Petroleum Fields of the Pacific Coast of Alaska, with an account of the Bering River Coal Deposits* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 250, 1905, p. 37-59, 7 pl. dont

FIG. 252. — Carte géologique de la Presqu'île d'Alaska, d'après W. W. Atwood (*U. S. Geol. Survey*, Bull. 467, pl. VI, 1911).

1. Granites; 2. Trias (Cap Kekurnoi); 3. Jurassique; 4. Crétacé; 5. Éocène et Miocène; 6. Roches intrusives tertiaires (dacites, etc.); 7. Roches volcaniques (basaltes, andésites, tufs, etc.); 8. Alluvions, moraines, dépôts de plages. — Échelle de 1 : 1 500 000.

Le plus ancien terme du Jurassique connu avec certitude offre la constitution suivante, au voisinage de 60°. Il débute par un banc de conglomérats granitiques, auxquels succèdent au moins 3 000 pieds [900 m.] de schistes sableux de teinte sombre, contenant des bandes de calcaire et des fossiles abondants. Dans les bancs inférieurs dominent les Bivalves; au-dessus apparaissent *Cadoceras*, *Macrocephalites*, *Stephanoceras*, *Phylloceras*, etc., avec de nombreux Inocérames, et aussi quelques empreintes de Plantes, telles que *Sagenopteris Goeppertiana*, etc.

C'est l'étage d'*Enochkin* (Inosskin) de Martin; pour Stanton, c'est du Callovien. On y a trouvé du pétrole, et des sondages y ont été poussés jusqu'à plus de 1 000 pieds [300 m.]. Cet horizon correspond à celui des dépôts de Katmai (58°), antérieurement rapportés par Pompecki au Callovien; il est connu sur un grand nombre de points du flanc Est de la chaîne granitique, jusqu'à une grande distance au Sud. Il se montre aussi, sur l'autre rive du Cook Inlet, à Anchor Point (Kenai).

Il est surmonté par l'étage de *Naknek* de Spurr. Viennent ensuite, dans la coupe de Martin, 290 pieds [88 m.] d'un conglomérat de granite et de schistes anciens *dont le ciment contient des cendres andésitiques*, puis des lits alternant un grand nombre de fois de grès et d'andésite. Dans la Baie Chinitna, sur la rive Ouest du Cook Inlet, l'épaisseur de ces alternances dépasse 5 000 pieds [1 500 m.]. C'est l'horizon de l'*Aucella Pallasi*. Stanton cite aussi des formes voisines du *Cardioceras alternans* et du *Cardioceras cordatum*, et assimile l'étage de Naknek à l'étage volgien de la Russie. Les Ammonites précitées permettent de croire que des niveaux un peu plus anciens sont également représentés.

Les deux subdivisions du Jurassique, l'Enochkin et le Naknek, se continuent, à partir de 61°, sur cinq degrés de latitude au moins. En quelques points seulement, elles sont associées à du Néocomien à *Aucella crassicollis*; à Port Möller (56°), la presqu'île n'a que 9 kilomètres de large, et est constituée exclusivement par les deux séries de couches à Aucelles.

Le *Crétacé* moyen et supérieur est connu sur quelques points; il est représenté par des couches à empreintes végétales et à Inocérames.

Les dépôts tertiaires débutent par l'Éocène typique à *Venericardia planicosta*, que Palache a découvert dans la Baie Stepovak, presque en face de Port Möller[1].

L'horizon charbonneux de *Kenai* affleure en stratification régulière,

2 cartes géol.); T. W. Stanton and G. C. Martin, *Mesozoic Section on Cook Inlet and Alaska Peninsula* (Bull. Geol. Soc. of America, XVI, 1904, p. 391-410, pl. 67-70, 2 cartes dans le t.).

1. C. Palache, *Geology about Chichagof Cove, Stepovak Bay, with Notes on Popof and Unga Islands* (*in* : Harriman Alaska Expedition, *Alaska*. IV, *Geology and Paleontology*. In-8°, New York, 1904, p. 67-88, pl. VII, VIII, fig. 16-18); W. H. Dall, ibid., p. 7-122, pl. IX, X.

au Nord du Cook Inlet, sur le cours inférieur de la Sushitna et dans le Knik Arm, et prend dans l'Ouest de Kenai et jusqu'à la Baie Kachemak un développement considérable. Il apparaît aussi près de Tyonok, sur la rive occidentale de l'Inlet, au N. de 61°. Des cendres et des tufs andésitiques y sont souvent interstratifiés. On a rencontré des lambeaux isolés de cet étage à une grande distance au Sud.

A l'étage de Kenai succèdent, au Sud, des conglomérats à bois flottés, qui constituent l'étage d'*Unga* de Dall; ils sont bien connus des habitants du pays pour leur richesse en ambre. Au-dessus viennent des couches marines, caractérisées par une grande *Crepidula*[1].

Les étages d'Enochkin (Callovien) et de Naknek (Volgien) occupent donc une portion très considérable de la côte orientale de la presqu'île. Des lambeaux qui affleurent sur la côte occidentale de Kenai, et probablement aussi de Kodiak, indiquent qu'ils se continuent sous le Cook Inlet, et peut-être aussi sous le Détroit de Shelikof. A partir de l'Ujakushatsh (Burnt Mountain ou Redoubt Volcano, 60° 30′), pour autant que les faits sont connus, ils portent tous les volcans élevés et récents[2]. *Le début des éruptions andésitiques remonte ici au moins à l'époque volgienne ou au Jurassique supérieur.* Nous avons vu que, dans l'Est de Hokkaido, la partie méridionale de la zone volcanique des Kouriles date, quant à l'époque de ses débuts, au moins du Crétacé supérieur.

Au Sud de 60°, Martin indique dans la presqu'île, de l'Ouest à l'Est : d'abord la bande granitique, qui forme les Monts Tschigmit de Grewingk, très âpres et dont l'altitude moyenne est de 3 500 pieds (1 067 m.). Puis, selon toute vraisemblance, vient une faille considérable, à laquelle succède un anticlinal étroit, constitué par l'étage d'Enochkin, dont les couches se montrent profondément froissées; ensuite, un synclinal étroit, et enfin une large voûte surbaissée (2 200 pieds, 670 m.), constituée par le même étage et recouverte en concordance, du côté de la mer, par une voûte concentrique des couches de Naknek (fig. 253)[3].

Spurr, parti du Lac Naknek dans la direction du Sud-Est, atteignit la côte orientale à Katmai (58°). Dans cette région, la presqu'île a 135 kilomètres de largeur. Une plaine la borde à l'Ouest; on atteint ensuite la partie inférieure, la plus large, du lac; ses rives sont en syénite et en granite à hornblende. Le lac se rétrécit à l'Est. On trouve ensuite une arkose granitique verte, presque horizontale, contenant des fossiles jurassiques, et aussi une andésite augitique attribuée à la

1. C'est ce qu'on appelait autrefois les « Nulato beds » (voir II, p. 324).

[2. La formidable éruption du volcan de Katmai, survenue au mois de juin 1912, a fait l'objet d'une enquête fort instructive de la part de G. C. Martin (Nat. Geogr. Mag., Washington, XXIV, 1913, p. 131-181, 1 carte, 1 fig., 46 phot.).]

3. G. C. Martin, U. S. Geol. Survey, Bull. 250, 1905, p. 36, pl. IV, carte géol.

même époque. L'arkose se continue le long de la montée, qui conduit, entre deux hauts volcans, à un col dont l'altitude est de 3 500 pieds [1 066 m.]; des glaciers descendent du côté droit. Au-dessous du col jaillissent des sources abondantes et très chaudes, qui donnent naissance à un torrent rapide. La vue s'étend alors à l'Est, par une vallée spacieuse, vers le Détroit de Shelikof. Mais l'arkose se poursuit également de

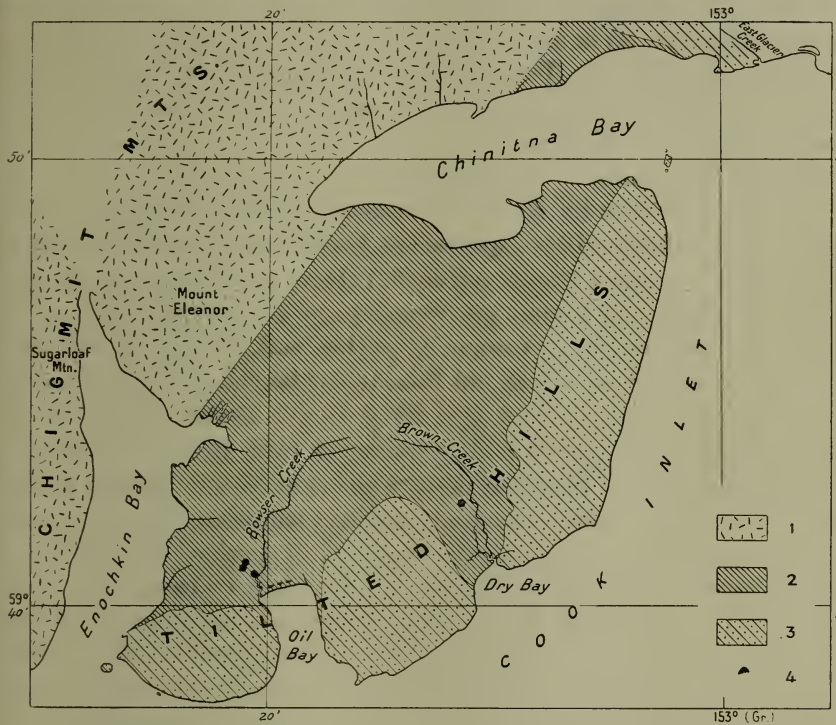


FIG. 253. — La Région pétrolifère du Cook Inlet (Alaska), d'après G. C. Martin (*U. S. Geol. Survey*, Bull. n° 250, 1905, pl. IV).

1. Roches cristallines intrusives (pré-jurassiques); 2. Étage d'Enochkin : schistes noirs pétrolifères (Jurassique moyen); 3. Étage de Naknek : arkoses et tufs andésitiques (Jurassique supérieur); 4. Puits à pétrole. — Échelle de 1 : 320 000 environ.

l'autre côté des volcans; là aussi, elle est à peine dérangée, sauf un léger redressement contre l'un des volcans. C'est seulement au voisinage de la mer, près de Katmai, qu'elle est de nouveau légèrement relevée. C'est de là que proviennent les *Cadoceras* et autres fossiles décrits par Pompeckj. Tout près de là, au Nord, à Port Amelik, Dall trouva un grès grossier contenant une veine de houille de mauvaise qualité, inclinée 30° N.E.; encore un peu plus au Nord, près du Cap Douglas, ce grès est horizontal et alterne avec des épanchements andésitiques : là, il contient *Sequoia Langsdorffi*[1].

1. J. E. Spurr, mém. cité; W. H. Dall, *Report on Coal and Lignite of Alaska* (17th Ann.

A une faible distance au Sud de Katmai se trouve la Cold Bay. Martin en a décrit la coupe. L'Ouest est, ici encore, un pays de plaines. La bande granitique passe à l'Ouest du Lac Becharof et des Lacs Ugashik, et embrasse aussi l'extrémité occidentale du Becharof. On atteint ensuite les arkoses et les grès jurassiques, sur lesquels se dresse, entre les lacs, le volcan *Peulik* (5 000 pieds [1 500 m.]). L'étage d'Enochkin forme de larges plis parallèles à la rive orientale; dans l'axe d'une voûte incomplète du côté de la mer, d'après d'autres renseignements par suite d'un chevauchement, le Trias affleure au Nord-Est de la Cold Bay. L'étage de Naknek règne au Sud-Ouest de cette baie et dans l'intérieur, et aussi jusque vers Katmai [1].

Traversons maintenant le Cook Inlet.

L'Est de la Presqu'île *Kenai* est occupé par des montagnes de terrains anciens, inhospitalières, qui seront bientôt décrites sous le nom de Monts Kenai [2]. La plus grande partie de l'Ouest est formée par un vaste plateau de couches de Kenai, qui reposent en discordance, soit sur les terrains anciens dont nous venons de parler, soit, comme le montrent les lambeaux conservés le long du littoral, sur les couches mésozoïques. On peut, comme nous l'avons déjà dit, y voir la continuation des couches de Kenai qui occupent la dépression du fond du Cook Inlet.

Furuhjelm et Osw. Heer ont montré que, par 59° 21′, dans le Sud de Kenai, les couches à empreintes de feuilles recouvrent en discordance la surface irrégulière des terrains cristallins, et que les *Trapa*, Unios et Paludines qu'on y rencontre dénotent une formation d'eau douce incontestable [3]. A partir de 59° 30′, la Baie Kachemak s'enfonce profondément vers le N.E. dans la masse de Kenai. Son flanc Nord est formé par une falaise qui monte à l'altitude de 550 mètres, et où affleurent de nombreuses veines de houille superposées, d'allure tranquille. Dès le XVIIIe siècle, Portlock et les voyageurs russes ont noté cette coupe remarquable. Dall et Stone l'ont décrite [4].

Cette falaise de la Baie Kachemak représente le bord méridional d'un large plateau, de près de 130 kilomètres de long sur 40 de large, qui s'abaisse insensiblement au Nord vers le Turnagain Arm (61°). La

Rept. U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 763-908, pl. XLVIII-LVIII, dont 7 cartes, en particulier p. 798).

1. G. C. Martin, U. S. Geol. Survey, Bull. 250, 1905, p. 50, pl. VI, carte.

[2. Une carte de la Presqu'île Kenai et de nombreuses photographies accompagnent l'article de George Shiras, *The White Sheep, Giant Moose, and Smaller Game of the Kenai Peninsula, Alaska* (Nat. Geogr. Mag., XXIII, 1912, p. 423-494).]

3. Osw. Heer, *Flora fossilis Alaskana. Fossile Flora von Alaska.* In-4°, 41 p., 10 pl. (Handl. K. Svenska Vetensk.-Akad., Stockholm, VIII, n° 4, 1869).

4. W. H. Dall, 17th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 787 et suiv.; R. W. Stone, *Coal fields of the Kachemak Bay Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 277 : *Mineral Resources of Kenai Peninsula, Alaska*, 1906, p. 53-73, pl. XIII-XVIII, dont 1 carte).

stratification révèle de larges ondulations tranquilles. Au Cap Kussilof (60° 22′), les assises plongent sous la mer. Au Turnagain Arm, le plateau n'est qu'à 15 mètres d'altitude; mais on l'a retrouvé au N. de Turnagain, et, de là, ses prolongements s'avancent, comme nous l'avons vu, dans les parties inférieures des vallées fluviales.

Revenons à la Baie Kachemak.

Sous les couches de Kenai apparaissent des tufs et des grès, plissés, avec des fossiles jurassiques, et en plusieurs endroits, notamment à Halibut Cove, Palache a trouvé au-dessous de ces terrains des couches rouges et vertes à Radiolaires, en bancs minces et fortement plissées, et associées à de la diabase et sur un point à du gabbro. Emerson les compare hypothétiquement à la *Franciscan series* de Californie. Elles reposent sur les schistes anciens des Monts Kenai[1].

Dans le groupe des *Iles Shumagin* (55° 30′ à 54° 30′), les îles orientales sont granitiques; plus à l'Ouest règnent des schistes métamorphiques et des quartzites. La plus grande île, *Unga*, est la plus éloignée à l'Ouest, et la plus rapprochée de la côte orientale de la péninsule, sur laquelle, non loin de là, dans la Baie Stepovak, on a signalé de l'Éocène à *Venericardia planicosta*. Unga, comme sa voisine l'Ile Popof, est constituée par des couches charbonneuses de l'étage de Kenai, largement ondulées et surmontées par les conglomérats d'Unga, sur lesquels reposent les couches marines à *Crepidula*[2].

Considéré schématiquement, le Cook Inlet présente la coupe suivante : 1° granite; 2° couches calloviennes et volgiennes, et déjections andésitiques contemporaines du dépôt d'une partie de ces couches; zone des volcans actuels; 3° Cook Inlet; 4° plateau des couches de Kenai, reposant sur 5° le Jurassique inférieur et les couches à Radiolaires, et enfin sur 6° les terrains anciens de Kenai; 7° avant-fosse et 8° Océan.

Le plateau de Kenai révèle que cette région, jusqu'à une grande distance vers le S.W. a été jadis remplie par des eaux douces. La comparaison avec d'autres parties de la Terre, et surtout l'allure des couches de Kenai, *permettent d'y reconnaître un fossé d'effondrement*, produit par des affaissements répétés le long de fractures longitudinales. Cela est confirmé par le fait que, comme on le montrera plus loin, le groupe des volcans de Wrangell occupe certainement un fossé d'effondrement, et que les couches mésozoïques se continuent dans la direction du Cook Inlet

1. B. K. Emerson, *in* Harriman Alaska Expedition, *Alaska*, IV, *Geology and Paleontology*, 1904, p. 26; F. H. Moffit, *Gold Fields of the Turnagain Arm Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 277, 1906, p. 1-52, pl. I-XII, dont 2 cartes; en particulier p. 16 et suiv.).

2. W. H. Dall, *Report on Coal and Lignite of Alaska* (17th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey. 1895-96, part 1, p. 836 et suiv., pl. LV : carte).

par la vallée de la Matanuska vers le plateau de la Rivière du Cuivre et les volcans de Wrangell. On a déjà vu que la vallée de la Matanuska a également fait à Martin l'effet d'être un fossé d'effondrement.

Les Iles Aléoutiennes. — Malgré les résumés de Grewingk, de Dall et de Becker, il est difficile de se faire une opinion définie sur le substratum des Aléoutiennes. On ne le connaît jusqu'à présent que sur quelques points isolés, très distants les uns des autres. De la diorite, semblable à celle du Cap Karluk (au Nord-Ouest de Kodiak), est signalée dans le Nord d'Unalaska; l'andésite à hornblende des nouveaux volcans Bogosslovsk et Grewingk, qui se sont formés en 1790 et 1883, au Nord d'Unalaska, contiendrait des blocs d'une diorite analogue[1]. L'Ile Attu, située loin à l'Ouest, est faite de roches anciennes telles que des quartzites, de la diorite, etc.

Des sédiments tertiaires affleurent fréquemment; ils appartiennent aussi bien à l'étage de Kenai qu'à l'étage marin, et présentent souvent des intercalations de laves basaltiques ou andésitiques[2].

Mais ce sont les grands cônes volcaniques à large base qui prennent de beaucoup la part la plus importante dans la constitution de ce long arc de cercle. Un bon nombre d'entre eux atteignent 3000 mètres. Le catalogue critique de Becker permet d'évaluer à 42 le nombre des cratères actifs, ou du moins fumants depuis un siècle, de l'Ujakushatsch, dans le Cook Inlet (152° 45′ de long. W.), à la Petite Sitkin (178° 30′ de long. E.). Le Yenlo est situé encore au delà de l'Ujakushatsch; Kiska, à l'Ouest de la Petite Sitkin (177° 30′ de long. E.), est formée d'andésite à hornblende, et Buldir (176° de long. E.) est un ancien cône.

On ne peut parcourir les listes de Grewingk et de Becker sans être frappé de la distribution régulière des cheminées fumantes sur cette longue distance. C'est seulement entre les volcans Saint-Augustin (153° 51′) et Veniaminov (159°), c'est-à-dire passé le milieu de la Presqu'île d'Alaska, qu'il existe une lacune importante; mais, de Pavlov (161°) à la Petite Sitkin (178° 30′ de long. E.), on ne trouve guère de lacune qui excède un degré et demi ou tout au plus deux degrés de longitude. Entre ces volcans fumants, il existe en outre un grand nombre de sources chaudes; Veniaminov trouva l'une d'elles, à Umnak

1. G. F. Becker a décrit ces deux nouveaux volcans dans : *Reconnaissance of the Gold Fields of Southern Alaska, with some Notes on General Geology* (18th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1896-97, part 3, p. 25 et suiv.). [Voir aussi D. Starr Jordan and G. A. Clark, *The Bogoslofs* (Popular Science Monthly, LXIX, 1906, p. 481-489, 7 fig.); T. A. Jaggar, Jr. *The Evolution of Bogoslof Volcano* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XL, 1908, p. 385-400, 8 fig.).]

2. W. H. Dall and G. D. Harris, *Correlation Papers-Neocene* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 84, 1892, pl. III, p. 268).

(volcan Sevidovski, 168° 12′), à l'état de geyser rhytmique[1]. On ne signale pas de fentes transversales; les nouveaux volcans Bogosslovsk et Grewingk sont situés un peu à l'intérieur de l'arc.

Nous avons dit que le volcan *Bogosslovsk* (53° 56′ de lat. N., 167° 57′ de long. W.) prit naissance en 1790. Au printemps de 1883, on remarqua dans son voisinage des manifestations volcaniques; un deuxième volcan nouveau, auquel Dall a donné le nom de *Grewingk*, commença à s'édifier au-dessus de la mer; en octobre 1883, il entra dans sa phase d'activité maximum, en même temps qu'à une grande distance de là, le volcan Saint-Augustin, dans le Cook Inlet (59° 23′ de lat. N., 153° 51′ de long. W.), qui avait sommeillé depuis qu'il était connu, c'est-à-dire depuis au moins un siècle, entrait en éruption. Il n'est guère possible de démontrer une relation directe entre les deux phénomènes, à une distance aussi extraordinaire; cependant, abstraction faite de cette coïncidence, l'arc aléoute présente, dans la distribution régulière de ses bouches éruptives, une unité et une continuité que l'on ne trouve peut-être au même degré dans aucun autre alignement volcanique.

Les *Iles du Commandeur*, situées à une grande distance à l'Ouest, sont formées par deux bandes de terre orientées vers le N.W., par conséquent dans le prolongement de l'arc aléoute. La plus grande, l'Ile Bering, qui a environ 80 kilomètres de long, n'est pas aussi haute que l'autre, l'Ile du Cuivre. L'existence de cuivre natif dans celle-ci a fait supposer qu'elle renfermait des roches anciennes. On sait aujourd'hui que le cuivre est rejeté par la mer. Grebnitzky et Dawson ont fait voir que ces îles sont formées, au moins en très grande partie, par des basaltes et des couches tertiaires. On connaît du lignite dans l'Ile Bering, et les Monts de la Table (Stolovoï) contiennent des fossiles marins. Dans l'Ile du Cuivre, on connaît sur un point des couches presque verticales. Les tremblements de terre sont fréquents. Par temps clair, on aperçoit les sommets des volcans du Kamtchatka[2].

Les faits qui viennent d'être exposés soulèvent des difficultés de toute sorte. D'après Becker, la ligne de volcans actifs donne exclusivement, dans les îles, des laves andésitiques. Dans les dépôts tertiaires, ce sont les basaltes qui dominent. En somme, les roches éruptives tertiaires sont si répandues, non seulement dans la région qui nous occupe en ce moment, mais aussi sur tout le bas Yukon et dans les îles de la Mer de

1. Grewingk, p. 132. Une description d'Unimak est donnée par Ferd. Westdahl, *Mountains on Unimak Island, Alaska* (Nat. Geogr. Mag., XIV, 1903, p. 91-99, 4 phot., 1 carte dans le texte).

2. N. A. Grebnitzky, *Commander Islands*, published by the Ministry of Agriculture and Domains. In-8°, 47 p., St-Petersbourg, 1902; en particulier p. 3-5; G. M. Dawson, *Geological Notes on some of the Coasts and Islands of Bering Sea* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 123-127); voir aussi A. E. Nordenskjöld, *Die Umesgelung Asiens und Europas auf der Vega*, I, p. 276.

Bering, jusqu'aux côtes de l'Asie, que, tout comme au Kamtchatka, l'arc volcanique actuel apparaît comme le représentant, très réduit en étendue, *d'une activité éruptive autrefois beaucoup plus générale.*

Les sédiments tertiaires se présentent dans des conditions non moins inattendues. Dans la région du bas Yukon, leurs plissements, sur de grandes distances, atteignent une telle ampleur, que Spurr considère la « Post-Kenai Revolution » comme un événement orogénique de la plus haute importance. Dans la Presqu'île de Kenai, au contraire, ces mêmes terrains forment, en vue des grands volcans, un vaste plateau effondré, mais à peine plissé. On s'explique que l'horizon marin se continue sur une grande distance à l'Ouest, et forme jusqu'aux sommets tabulaires de l'Ile Bering. Il est beaucoup plus difficile de comprendre comment les couches à empreintes végétales de l'étage de Kenai ont pu se former au delà et en dehors du Cook Inlet. Il est vrai que, dans la partie occidentale de l'archipel, l'existence de cet étage ne repose sur d'autres preuves que la présence des bois flottés et de l'ambre; mais on a vu qu'à Port Möller, sur la côte occidentale de la presqu'île, directement en face de la Mer de Bering (160° 45′), il existe des veines de houille, et il en est de même dans la Baie Makushin, dans l'Ile Unalaska (167°).

Les Monts Kenai. — Des roches anciennes affleurent dans plusieurs des Iles Shumagin; on peut réserver la question de savoir si elles appartiennent ou non à la zone dont nous allons parler maintenant. Des schistes de couleur foncée et des grès, et aussi des affleurements étendus de roches anciennes, dont on ne sait rien de bien précis, constituent les Iles Kodiak, Afognak, puis les montagnes hautes de 3 000 à 4 000 pieds [900 à 1 200 m.] de l'Est et du Sud de Kenai[1], et ne sont séparés des Monts Chugatch, au fond du Cook Inlet, que par l' « eyd » de Turnagain. En même temps s'avance de la mer, vers la Baie Tchougatsk [Chugatch] ou Prince William Sound, un archipel qui ne comprend pas moins de cinquante îles rocheuses, grandes et petites, lesquelles s'élèvent jusqu'à 3 000 pieds [900 m.], et s'allongent généralement vers le N.E., suivant la direction des couches, comme l'Ile Montague, longue de 72 kilomètres, par exemple. La baie elle-même est entourée par les Monts Chugatch, entaillés de nombreux fjords, et les promontoires hauts de 5 000 à 6 000 pieds [1 500 à 1 800 m.] qui séparent les fjords marquent en partie, par leur position, les prolonge-

[1. U. S. Grant and D. F. Higgins, *Notes on the Geology and Mineral Prospects in the Vicinity of Seward, Kenai Peninsula* (U. S. Geol. Survey, Bull. 379, 1909, p. 98-107, 1 carte dans le texte); et *Preliminary Report on the Mineral Resources of the Southern Part of Kenai Peninsula* (Ibid., Bull. 442, 1910, p. 166-178, pl. III, IV : cartes); B. L. Johnson, *Gold Deposits of the Seward-Sunrise Region, Kenai Peninsula* (Ibid., Bull. 520, 1912, p. 131-173, pl. VII : carte).]

ments de ces îles. Les montagnes ont ici 80 kilomètres de largeur environ, et quelques sommets atteignent 8 000 pieds [2400 m.]. Elles sont occupées par des glaciers puissants, et très difficiles d'accès [1].

Schrader et ses collaborateurs, avec un zèle qu'on ne saurait assez reconnaître, ont débrouillé les grands traits de la structure de ces montagnes. Elles entourent la baie, et présentent la direction W.S.W. à E.-W. Tous les terrains sont violemment plissés, et inclinés en général vers le Nord; les termes les plus anciens affleurant du côté du continent, il en résulte que *les plis sont déversés vers le Sud* (fig. 254). Sur le bord septentrional, qui est nettement marqué, on trouve des mica-

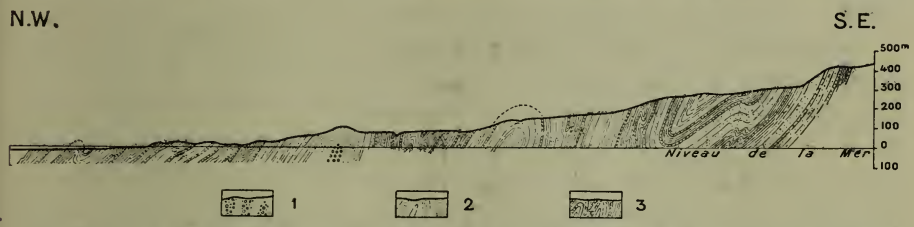


Fig. 254. — Allure plissée des terrains secondaires à l'Ile Latouche, Prince William Sound, d'après U. S. Grant et D. F. Higgins (*U. S. Geol. Survey*, Bull. 443. Washington, 1910, p. 30, fig. 3).

1. Conglomérats; 2. Grauwackes; 3. Schistes ardoisiers. — Échelle de 1 : 40 000 environ (longueurs et hauteurs).

schistes, des schistes quartzeux et des calcaires cristallins (*Klutina series*); ils font place, au Sud, à une série puissante de quartzites d'un vert bleuâtre modifiés et de schistes argileux graphitiques, associés à un conglomérat dont les galets sont étirés (*Valdez series*); plus près de la mer règne une arkose compacte, avec des schistes noirs abondants et des bancs isolés de calcaire (*Orca series*). Des lits puissants de diabase cuprifère, en particulier dans les îles du Chugatch Sound, s'intercalent à la partie inférieure de la série d'Orca [2].

Emerson assimile cette série d'Orca à la série de Yakutat, distinguée par Russell dans la région du Saint-Élie [3]. Des restes organiques et

[1. Voir U. S. Grant and D. F. Higgins, *Glaciers of Prince William Sound and the Southern Part of the Kenai Peninsula, Alaska* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XLII, 1910, p. 721-738, 16 fig.; XLIII, 1911, p. 321-338, 401-417, 721-737, 36 fig.).]

2. F. C. Schrader and A. C. Spencer, *The Geology and Mineral Resources of a Portion of the Copper River District, Alaska*. In-8°, 94 p., 13 pl. dont 5 cartes, Washington, 1901 (publication spéciale de l'U. S. Geol. Survey); voir aussi F. C. Schrader, *A Reconnaissance of a Part of Prince William Sound and the Copper River District, Alaska* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 7, p. 341-423, pl. XXII-XXXV, cartes 18-21). [Voir aussi U. S. Grant and D. F. Higgins, *Reconnaissance of the Geology and Mineral Resources of Prince William Sound, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 443, 1910, 89 p., 12 pl. dont 1 grande carte géol. à 1 : 250 000, 9 fig. dans le texte).]

3. B. K. Emerson, *in* Harriman Alaska Expedition, *Alaska*, IV, *Geology and Paleontology*, 1904, p. 46; E. O. Ulrich, *Fossils and Age of the Yakutat formation. Description of Collections made chiefly near Kadiak, Alaska* (Ibid., p. 123-146, pl. XI-XXI).

autres, décrits par Ulrich comme provenant des îles voisines du village de Kodiak, entre autres *Inoceromya* (fossile rappelant beaucoup les Inocérames), *Chondrites divaricatus*, etc., présentent une ressemblance frappante avec le Flysch crétacé supérieur des Alpes. S'il s'agissait de l'Europe, on n'hésiterait guère à dire qu'une zone de Flysch occupe le bord externe de ces montagnes.

Vue d'ensemble des Alaskides. — La virgation des Alaskides, qui s'épanouit vers l'Ouest, est essentiellement constituée par trois grands rameaux : les Monts Roumanzov, les Alaska Mountains, et les Monts Kenai.

Les *Monts Roumanzov* s'avancent jusqu'à l'Océan Glacial par 147°, et leur bord septentrional forme ensuite un arc concave jusqu'au Cap Lisburne. Dans leur partie la mieux connue, un peu à l'Ouest des Flats, ils portent le nom de Monts Endicott et se composent de schistes anciens aurifères; puis, jusqu'au bord septentrional, ils sont faits de sédiments paléozoïques. Au delà de ce bord, une frange crétacée et une frange tertiaire s'étendent jusqu'à la toundra. Les terrains anciens du versant Sud atteignent la Mer de Bering au Kotzebue Sound.

Les intrusions de la *Presqu'île Seward* se continuent par les Iles Diomède vers l'Asie, et se retrouvent encore ailleurs dans la Presqu'île des Tchouktches. Une longue traînée de granite et de gneiss court vraisemblablement dans la direction de l'W.N.W., du Cap Novosiltzev à la Baie Kolioutchin et à la Baie du Tchaoun. La *Presqu'île des Tchouktches* est la continuation de la Presqu'île Seward, et aussi d'une partie des Monts Roumanzov; mais le grand arc concave vers le Nord, dont la direction, S.S.W. dans l'Est, puis E.-W. à partir de 152°, est encore presque exactement E.-W. au Cap Lisburne et au Kotzebue Sound, tourne vraisemblablement à l'W.N.W. en Asie et au N.N.W. dans les Iles de la Nouvelle-Sibérie.

Les Monts du Yukon, les Gold Mountains, de même que, au Sud du Yukon, les Monts Kaiyuh, qui arrivent à la mer au Nord de 63°, sont des branches secondaires, venant s'insérer dans la grande virgation. Les Monts Kuskokwim, qui se terminent au Cap Newenham, représentent essentiellement un synclinal mésozoïque, qui ne saurait être considéré comme l'un de ces sous-rameaux.

Les *Alaska Mountains* commencent au Sud de la Tanana, et longent sur une petite distance le flanc méridional de la zone gneissique des Montagnes Rocheuses. Elles s'élèvent très rapidement à une grande hauteur, forment le sommet culminant du McKinley, puis s'abaissent de nouveau et arrivent au Lac Clark.

Dans les Alaska Mountains, la disposition des zones stratigra-

phiques est l'inverse de ce qu'elle est dans les Monts Roumanzov. Le gneiss apparaît à la base, sur le flanc Nord; des schistes constituent l'axe principal, et une bande de granite intrusif forme probablement les points culminants; une autre bande granitique apparaît dans la vallée de la Sushitna. Des sédiments paléozoïques viennent ensuite, et une zone mésozoïque externe descend vers le plateau de la Rivière du Cuivre.

La longue zone mésozoïque qui porte les hauts volcans de l'archipel des Aléoutiennes et de la Presqu'île d'Alaska se continue, le long de la vallée de la Matanuska, par le bord Ouest du plateau de la Rivière du Cuivre, et en même temps par la bordure mésozoïque externe des Alaska Mountains. Le Knik Arm devient le prolongement tectonique du Cook Inlet; cet inlet prend, avec le Détroit de Shelikof, les caractères d'une fosse d'effondrement, affectant le plateau tertiaire de Kenai.

Bien que l'on trouve dans la région du bas Yukon et un peu partout dans l'Alaska, dans les îles de la Mer de Bering et dans la Presqu'île des Tchouktches, des traces fréquentes d'activité volcanique à l'époque tertiaire et à une date plus récente encore, on ne voit nulle part de cônes élevés ni de volcans actifs, si ce n'est sur l'arc des Aléoutiennes.

Les âpres Monts Kenai embrassent l'Est de la presqu'île et, en outre, tout au moins l'Ile Kodiak. Ils sont formés, pour autant qu'on les connaît, de sédiments anciens modifiés et d'une zone méridionale externe analogue au Flysch. La disposition des zones stratigraphiques concorde avec celle des Alaska Mountains, c'est-à-dire que la frange récente se trouve au Sud.

L'avant-fosse vient ensuite.

Tous les caractères essentiels des Alaskides concordent avec la disposition des arcs de bordure Asiatiques. Les Alaskides constituent l'un des éléments de cet ensemble. Elles se raccordent par rebroussement (*Schaarung*) avec les Montagnes Rocheuses et avec la Chaîne du Saint-Élie, que nous allons maintenant examiner.

CHAPITRE XX

LA FIN DES GUIRLANDES INSULAIRES[1]

Introduction. — I. *Les Montagnes Rocheuses.* — Le Sud. — Wyoming septentrional et Montana méridional. — Le Nord.
II. *Le commencement des Montagnes Intermédiaires.* — Les volcans de Wrangell. — La granodiorite colombienne.
III. *La Chaîne du Saint-Élie.* — L'Archipel Alexandre.
IV. *Continuation des Montagnes Intermédiaires.* — La Chaîne de Vancouver. — Plateau intérieur. — Coupe transversale par 49° de lat. N. — La Chaîne des Cascades. — Idaho.

Lorsque, dans un précédent volume de cet ouvrage (I, p. 738), nous avons essayé de prendre une vue d'ensemble de l'Amérique du Nord, les Alaskides et le Mexique étaient à peine connus dans leur structure. Nous avons pu, à la vérité, nous faire du rebroussement (*Schaarung*) de Chugatch et des relations des Antilles avec le continent une idée qui a été confirmée par la suite; mais on savait si peu de choses sur l'Amérique Centrale que, conformément aux vues de Humboldt, nous avons encore admis près de Tehuantepec une séparation des chaînes qui, en réalité, n'existe pas.

Dans le Nord, la structure asiatique des Alaskides ressort maintenant avec clarté.

On a montré, dans le dernier chapitre, comment le même plan et les mêmes éléments se répètent dans les Okhotides, les Anadyrides et les

[1. Traduit par Henri Baulig. — Pour l'intelligence de ce chapitre, consulter la *Geologic Map of North America compiled by the* United States Geological Survey *in cooperation with the* Geological Survey of Canada *and* Instituto Geologico de Mexico *under the supervision of* Bailey Willis *and* George W. Stose. Scale 1 : 5 000 000 [2e éd. de la *Carte géologique de l'Amérique du Nord* publiée en 1906], Washington, 1911, feuilles N.W. et S.W. Le précieux *Index to the Stratigraphy of North America* de Bailey Willis, servant de commentaire à cette belle carte (U. S. Geol. Survey, Professional Paper 71, 1912. In-4°, 894 p., 19 cartes dans le texte, 5 tableaux; Bibliographie de 953 art., p. 840-845), est parvenu trop tard à notre connaissance pour être mis à profit dans les notes qui suivent. Voir aussi la *Geological Map of the Dominion of Canada*, Western Sheet, 50 miles to 1 inch ou 1 : 3 168 000, publiée par la Commission Géologique du Canada en 1901; une réduction de cette carte, à 1 : 7 500 000, a paru dans les *Petermanns Mitteilungen* en 1904 (L, pl. 2; notice par H. Haas : *Zur Geologie von Canada*, p. 20-28 et 47-55).]

Alaskides, et on les retrouve à peu près tels dans toutes les annexes périphériques de l'Asie. Mais si les Alaskides, quoique n'étant pas situées à la périphérie de l'Asie, reproduisent ces caractères, elles offrent cependant, dans leur partie orientale, au voisinage du rebroussement, une telle ressemblance avec les chaînes de direction S.E. de l'Ouest de l'Amérique, que Brooks a pu employer, comme nous l'avons vu, les noms de *Rocky Mountains*, *Central Plateau Region* et *Pacific Mountain System* de part et d'autre du rebroussement, conformément en somme à la division proposée par Dawson, dès 1879, pour le Canada, en *Rocky Mountains*, *Interior Plateau* et *Coast Ranges*.

Nous avons exposé les raisons pour lesquelles nous évitons ici d'étendre une même appellation au delà d'un rebroussement. Et cependant, sauf la direction qui change, la structure même présente de grandes ressemblances de part et d'autre du méridien de Chugatch. En particulier, les Alaskides se composent d'une partie externe, plissée vers l'Océan Pacifique (Kenai, Alaska Mountains) et d'une partie interne tournant le dos à l'Océan et plissée en sens contraire (Monts Roumanzov); or le même contraste existe dans les chaînes de direction S.E., entre une partie tournée vers l'Océan et plissée vers l'Océan (Chaîne du Saint-Élie), et les Montagnes Rocheuses, qui sont plissées vers l'Est.

Les éléments asiatiques existent donc, mais il n'en résulte pas la formation d'un arc nouveau. Dans quelle mesure cela est-il dû au voisinage de la Laurentia, c'est ce qu'il est difficile d'apprécier. Une curieuse disposition en coulisses obliques, qui caractérise toute la longueur des Montagnes Rocheuses, se reproduit au Nouveau-Mexique. Les extrémités libres des Montagnes Rocheuses se résolvent en coulisses bordant le flanc Sud-Est des Plateaux du Colorado (Sangre de Cristo, etc.; I, pl. IV). *C'est là que se termine, à l'Est, l'édifice asiatique.*

Le deuxième élément, l'*Interior Plateau Region*, n'a pas été délimité d'une manière bien précise dans l'Alaska, où il comprend nombre de termes de transition. Or le *Central Plateau* de Dawson doit son nom à une plate-forme tertiaire sous laquelle se poursuivent des chaînes plissées. Très frappante au point de vue orographique, cette unité ne représente, au point de vue structural, qu'un accident secondaire. Dawson lui-même a fini par ne plus distinguer que *Rocky Mountains* et *Coast Ranges*[1]. Nous présenterons ici une conception modifiée du rôle de cet élément, et nous lui appliquerons l'appellation provisoire de *Montagnes Intermédiaires*. Nous regarderons la *Chaîne du Saint-Élie* comme représentant la troisième partie, la partie

1. G. M. Dawson, *The Physical Geography and Geology of Canada*; reprinted from *Handbook of Canada*, issued by the British Association for the Advancement of Science. In-8°, 48 p., Toronto, 1897; en particulier p. 38.

occidentale. Elle ne s'étend pas très loin vers le Sud, tandis que les Montagnes Intermédiaires, ou du moins des reliefs qui leur sont étroitement apparentés, se poursuivent beaucoup plus loin dans cette direction.

Dans le Sud, aux longues chaînes qui partent du rebroussement (*Schaarung*) s'oppose le rigide Plateau du Colorado (I, p. 770), qui s'étend de 33° ou 34° à 40° de lat. N. et de 114° à 106° de long. W. (fig. 256). Le Colorado River a entaillé toute la série des couches jusqu'aux gneiss archéens (fig. 255). Sur ces gneiss repose en discordance la série algonkienne. Celle-ci, à son tour, a été plissée et arasée. Au-dessus vient, de nouveau en discordance, une série horizontale, qui remonte, d'après Walcott, au moins jusqu'au milieu de l'époque cambrienne. Depuis lors, le plateau a subi sans doute des cassures et des flexures, mais, à la différence de son pourtour, il n'a pas été plissé [1].

Au voisinage de 104° de long. W. et de 36° 50′ de lat. N. se trouve la ville de Folsom; à 9 kilomètres au Sud de cette localité, le cône élancé du *Mont Capulin* (9 000 pieds, 2 743 m.) domine de 837 mètres un champ de laves parsemé d'un grand nombre de petits orifices éruptifs. Au Nord de Folsom, la large Mesa basaltique de Maya s'élève beaucoup plus haut que la base du Capulin. Vers l'Ouest, elle se soude aux

1. C. D. Walcott, *Pre-Cambrian Igneous Rocks of the Unkar Terrane, Grand Canyon of the Colorado, with Notes on the petrographic character of the Lavas by* J. P. Iddings (14th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1892-93, pt. 2, p. 497-524, pl. LX-LXV, dont 1 carte géol.); voir aussi W. M. Davis, *An Excursion to the Grand Canyon of the Colorado* (Bull. Museum Comparat. Zool., Harvard College, XXXVIII (Geol. Ser., V), 1901, p. 108-201, 2 pl.). [Voir en outre W. M. Davis, *Les enseignements du Grand Canyon du Colorado* (La Géographie, Paris, IV, 1901, 2e sem., p. 339-351, 4 fig.); *An Excursion to the Plateau Province of Utah and Arizona* (Bull. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XLII (Geol. Series, VI, n° 1), 1903, p. 1-49, 7 pl., 18 fig.); *The Lessons of the Colorado Canyon* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XLI, 1909, p. 345-354, 2 fig.; et Geogr. Journ., London, XXXIII, 1909, 1er sem., p. 535-540); *Der Grosse Cañon des Colorado-Flusses* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1909, p. 164-172, 7 fig.); N. H. Darton, *A Reconnaissance of parts of Northwestern New Mexico and Arizona* (U. S. Geol. Survey, Bull. 435, 1910, 88 p., 17 pl. dont 1 carte géol. à 1 : 1 000 000 et 1 pl. de coupes, 8 fig. dont 1 carte tectonique p. 64); D. W. Johnson, *A Geological Excursion in the Grand Cañon District* (Proc. Boston Soc. Nat. Hist., XXXIV, 1909, p. 135-161, pl. 17-22); H. H. Robinson, *A new Erosion Cycle in the Grand Canyon District, Arizona* (Journ. of Geol., XVIII, 1910, p. 742-763); L. F. Noble, *Contributions to the Geology of the Grand Canyon, Arizona. The Geology of the Shinumo Area* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXIX, 1910, p. 369-386, 497-528, pl. V : carte géol.). — On doit à F. E. Matthes et R. T. Evans une admirable carte topographique du Grand Canyon du Colorado, levée pour le compte de l'United States Geological Survey et publiée à l'échelle de 1 : 48 000 (3 feuilles : *Shinumo*, *Bright Angel* et *Vishnu*, Washington, 1906-1907).

LÉGENDE DE LA FIGURE 255.

Précambrien : gr. Granites, etc.; Au. Groupe d'Unkar (grès rouges). — Cambrien : Ꞓt. Grès de base du groupe de Tonto; Ꞓts. Marnes du groupe de Tonto. — Carbonifère : Cr. Calcaires de Redwall; Cs. Grès rouges et marnes de Supai; Cc. Grès de Coconino; Ck. Calcaires du Kaibab. — Échelle de 1 : 100 000 environ.

Fig. 235. — Le Grand Canyon du Colorado, au débouché du Bright Angel Creek (Arizona), d'après F. E. Matthes et N. H. Darton (*U. S. Geol. Survey, Bull.* 435, 1910, pl. XVI).

versants du Sangre de Cristo. Cette chaîne se termine assez brusquement près de 35° 30′. La table de basalte, qui s'appelle ici Raton Mesa, plus loin Plateau de Las Vegas (1 800 m.), entoure comme d'une ceinture

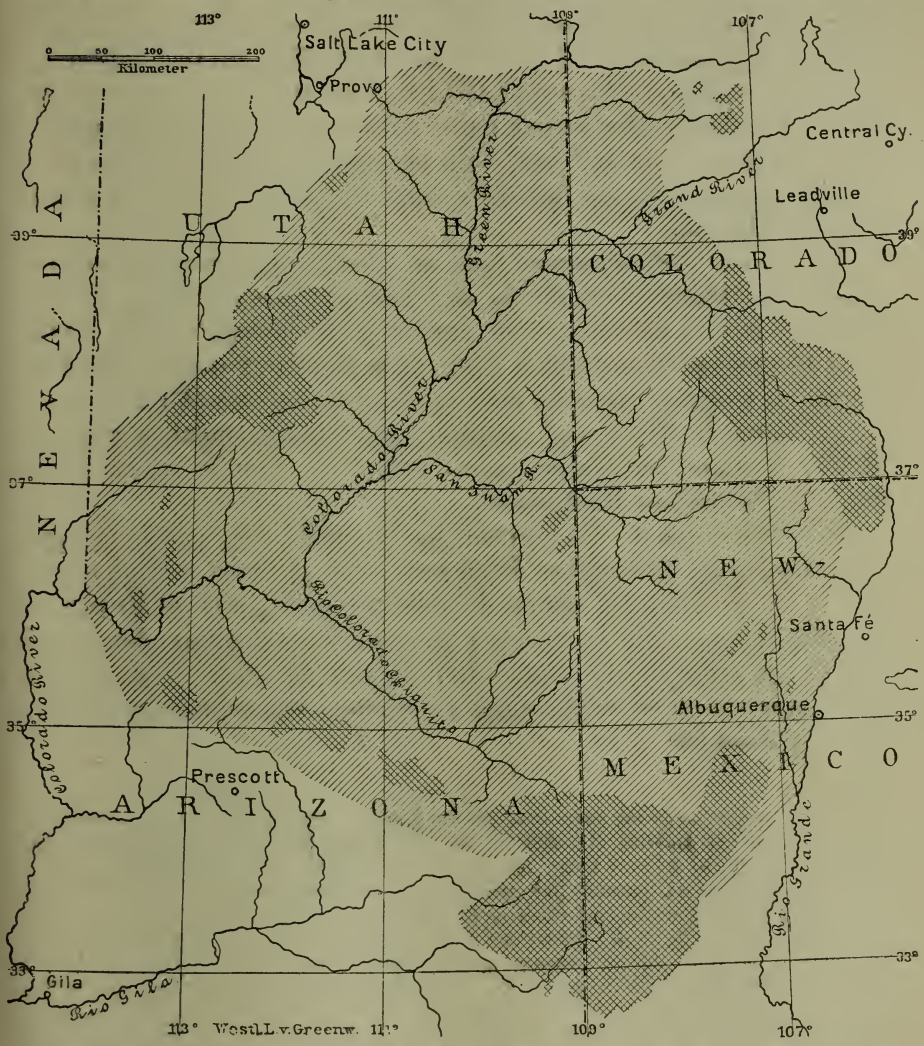


Fig. 256. — Les Plateaux du Colorado, d'après C. E. Dutton (*U. S. Geol. Survey, Monograph II*, 1882, Atlas, feuille 2).

Échelle de 1 : 7 000 000 environ. — Les hachures croisées indiquent les roches volcaniques.

l'extrémité méridionale du Sangre de Cristo. La couverture de basalte y atteint l'épaisseur de 600 mètres, et repose immédiatement sur le terrain crétacé plissé, qui constitue la première amorce des coulisses. Le plateau se continue au Sud par le long et étroit plateau de Glorieta (à l'Est de Santa Fé), qui s'appelle plus loin Galisteo Divide. Plus loin

encore vers le Sud vient une longue série de horsts courts (Sandia, Manzano, Sierra Oscura, San Andrea, etc.), découpés par des failles de direction plus ou moins méridienne. Comme on trouve encore dans le Sud (Monts Caballos, 33°) des plissements et des chevauchements, la structure ressemble fort à celle des Basin Ranges. Des volcans, en partie très récents, se montrent associés à ces reliefs, dont les fractures sont en partie postérieures aux temps tertiaires. La série stratigraphique se rapproche de celle du Texas : sur les terrains cristallins viennent le calcaire carbonifère, les *Red Beds*, puis le terrain crétacé à partir de l'étage du Dakota.

Les fosses d'effondrement qui séparent les horsts sont comblées jusqu'à une grande hauteur par des éboulis et des alluvions. La plus grande et la plus méridionale de ces fosses, le passage jadis si redouté de la Jornada del Muerto (la « Route de la Mort »), s'étend sur 320 kilomètres de longueur jusqu'au delà de 32°; c'est un véritable *bolson*.

Le cours du Rio Grande marque approximativement, à partir de 35° 30′, la limite occidentale de cet édifice. Ce sont là les extrémités libres des Montagnes Rocheuses[1].

Nous partirons de ces latitudes méridionales pour passer en revue la structure des Montagnes Rocheuses. Quand nous aurons atteint, tout à fait au Nord, la région du rebroussement, nous pourrons, en retournant vers le Sud, considérer les chaînes occidentales. Nous choisissons cet ordre insolite parce qu'il permet de traiter d'ensemble le rebroussement, et en même temps les relations des chaînes américaines avec les Alaskides.

1. R. T. Hill, *Notes on the Texas-New Mexican Region. Volcanic Areas of Eastern New Mexico* (Bull. Geol. Soc. of America, III, 1892, p. 98, et ailleurs); pour le substratum du basalte : Sangre de Cristo, P. H. Van Diest, *Remarks on the Plication of the Coal Measures in Southeastern Colorado and Northeastern New Mexico* (Proc. Colorado Scientific Soc., III, 1888-1890, p. 185-190) [voir aussi les folios 58 (*Elmoro*), 68 (*Walsenburg*) et 71 (*Spanish Peaks*), à 1 : 125 000, du *Geologic Atlas of the United States*, par R. C. Hills, 1899-1901, et la carte générale jointe au mémoire de N. H. Darton : *Geology and Underground Waters of the Arkansas Valley in Eastern Colorado* (U. S. Geol. Survey, Prof. Pap. N° 52. In-4°, 1906, pl. VI)]; pour le Sud, W. T. Lee, *Water Resources of the Rio Grande Valley in New Mexico, and their development* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply and Irrig. Paper n° 188, 1907, 59 p., 10 pl. dont 3 cartes); voir en outre C. R. Keyes, *Geology and Underground Water Conditions of the Jornada del Muerto, New Mexico* (Ibid., n° 123, 1905, 42 p., 9 pl. dont 1 carte géol.). [Sur la géologie du Nouveau-Mexique, consulter la monographie de W. Lindgren, L. C. Graton and C. H. Gordon, *The Ore Deposits of New Mexico* (U. S. Geol. Survey, Professional Paper No. 68, 1910. In-4°, 361 p., 22 pl. dont 1 carte à 1 : 1 000 000, 33 fig.); voir aussi la thèse de D. W. Johnson, *The Geology of the Cerrillos Hills, New Mexico*. Reprinted from the School of Mines Quarterly, 1903-1904. In-8°, IV-204 p., 35 pl. dont 1 carte géol. et 14 pl. paléont. Lancaster, Pa., 1904; Ch. R. Keyes, *Geotectonics of the Estancia Plains* (Journ. of Geol., XVI, 1908, p. 434-451, 12 fig.); F. v. Huene, *Kurze Mitteilung über Perm, Trias und Jura in New Mexico* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXII, 1911, p. 730-739, pl. XXXII : coupe).]

I. — Les Montagnes Rocheuses (I, pl. IV).

Le Sud. — Ce que nous avons déjà dit du sujet nous permettra d'être bref. Les Montagnes Rocheuses [1] forment comme autant de vagues qui, s'avançant du Nord vers le Plateau du Colorado, sont refoulées par son bord septentrional et se développent dans la direction de leurs extrémités libres, le long de son bord oriental.

La première vague, arrêtée, donne naissance aux Monts Uinta, dirigés de l'Est à l'Ouest [2]. Puis, par les Elk Mountains et la puissante chaîne des Monts Sawatch [3], elle contourne le plateau au Nord-Est [4], pour s'infléchir tout à fait au Sud et former la chaîne N.-S. du Sangre de Cristo et quelques chaînons moins importants. La deuxième coulisse, arrêtée à une plus grande distance du plateau [5], est constituée par le Park Range et les montagnes du South Park, et se termine par les Wet Mountains (à l'Est du Sangre de Cristo). La troisième correspond au Medicine Bow Range et au Front Range [6]. Dans son prolongement, ou

[1. Pour une bibliographie des nombreux travaux relatifs aux terrains cristallins qui constituent les principaux massifs des Montagnes Rocheuses, notamment dans le Colorado et le Wyoming, voir l'excellent exposé critique de C. R. Van Hise and C. K. Leith, *Pre-Cambrian Geology of North America* (U. S. Geol. Survey. Bull. No. 360, 1909, 939 p., 2 pl. cartes géol.), en particulier p. 754-900, « Chapter XIII : The Cordilleras ».]

[2. S. F. Emmons, *Uinta Mountains* (Bull. Geol. Soc. of America, XVIII, 1907, p. 287-302, pl. 24 : carte géol., 2 fig.); F. B. Weeks, *Stratigraphy and Structure of the Unita Range* (Ibid., XVIII, 1907, p. 427-448, pl. 43-48, 1 carte géol., p. 433); W. W. Atwood, *The Glaciation of the Uinta Mountains* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 790-804, 4 fig.), et *Glaciation of the Uinta and Wahsatch Mountains* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 61, 1909. In-4°, 96 p., 15 pl. dont 1 carte géol. et 1 grande carte topogr., 24 fig.). — La région où s'opère le contact des Monts Uinta et de la Chaîne des Wahsatch a été récemment décrite par J. M. Boutwell, *Stratigraphy and Structure of the Park City District, Utah* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 434-458), et *Geology and Ore Deposits of the Park City District, Utah* (U. S. Geol. Survey, Prof. Paper No. 77, 1912. In-4°, 231 p., 44 pl. dont 2 cartes géol. et 5 pl. de coupes, 18 fig.).]

[3. J. E. Spurr, *Geology of the Aspen Mining District, Colorado* (U. S. Geol. Survey, Monograph XXXI. In-4°, xxxv-260 p., 43 pl., atlas in-f° de 30 feuilles, 1898).]

[4. Sur la structure de la région comprise entre le Green River et le Grand River (Grand Hogback), voir Hoyt S. Gale, *Coal Fields of Northwestern Colorado and Northeastern Utah* (U. S. Geol. Survey, Bull. 415, 1910, 265 p., 22 pl. dont 5 cartes géol., 8 fig.); et *Geology of the Rangely Oil District, Rio Blanco County, Colorado.* (Id., Bull. 350, 1908, 61 p., 4 pl. dont 1 carte géol. et 1 pl. de coupes). Les couches crétacées et tertiaires qui forment les plateaux adjacents, vers le Sud et l'Est, sont décrites par G. B. Richardson, *Reconnaissance of the Book Cliff Coal Field between Grand River, Colorado, and Sunnyside, Utah* (Id., Bull. 371, 1909, 54 p., 10 pl. dont 1 carte géol.), et W. T. Lee, *Coal Fields of Grand Mesa and the West Elk Mountains, Colorado* (Id., Bull., 510, 1912, 237 p., 21 pl. dont 1 carte géol., 37 fig.).]

[5. La partie du synclinal compris entre la première et la seconde coulisse qui répond à la haute vallée du Yampa a été étudiée par N. M. Fenneman and Hoyt S. Gale, *The Yampa Coal Field, Routt County, Colorado* (U. S. Geol. Survey, Bull. 297, 1906, 96 p., 9 pl. dont 2 cartes géol.).]

[6. J. E. Spurr and G. H. Garrey, *Economic Geology of the Georgetown Quadrangle, Colorado, with general Geology by* S. H. Hall (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 63. In-4°, 422 p., 87 pl. dont 1 carte géol., 155 fig., 1908); W. M. Davis, *The Colorado Front Range. A Study in Physiographic Presentation* (Annals Assoc. of American Geographers, 1, 1911, p. 21-83, pl. I-V, 14 fig.).]

dans le prolongement de la précédente, se trouve, au Nord-Ouest, le Wind River Range qui, non loin de la Chaîne des Tétons, forme le côté N.E. du triangle que draine le haut Green River. Les Monts Uinta occupent le côté Sud, tandis que le côté Ouest est constitué par des chaînons N.-S. qui n'appartiennent pas aux Montagnes Rocheuses [1]. Dans la quatrième coulisse, enfin, représentée par les Monts de Laramie [2], la déviation vers l'Ouest a disparu; la chaîne court presque en ligne droite vers le N.N.W.

L'extrémité libre de chacune de ces coulisses est orientée vers le S. ou le S.S.E. et se trouve située plus au N. et plus à l'E. que l'extrémité de la coulisse précédente, ce qui produit les angles rentrants, *parks* ou *embayments*, qui échancrent le bord oriental des montagnes.

Mais les sédiments qui recouvrent les grands massifs de gneiss archéen ne forment pas seulement un liséré de têtes de couches redressées, qui suit ces échancrures ouvertes vers le S.S.E. dans le bord de la chaîne; ils pénètrent aussi, pincés entre les coulisses qu'ils séparent, jusqu'au cœur même des montagnes.

Il en résulte une allure qui rappelle les intrications complexes observées à l'extrémité du Mont Blanc ou du Massif de l'Aar. Seulement, comme de grandes failles interviennent, qui recoupent les plis sous un angle aigu, on peut se demander si l'on est en présence de véritables horsts ou, comme dans les Alpes, d'un bombement simultané des grands axes des anticlinaux.

A partir du Huerfano Park, une bande continue de sédiments, qui s'étend au loin vers le Nord, sépare la première de la deuxième coulisse, jusqu'aux mines de Leadville et de Ten Mile. La fig. 257 représente, d'après Emmons, les montagnes situées à l'Est de Leadville.

[1. Sur les plus méridionaux de ces chaînons, voir A. C. Veatch, *Geography and Geology of a Portion of Southwestern Wyoming, with special Reference to Coal and Oil* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper No. 56, 1907. In-4°, 178 p., 26 pl. dont 1 carte géol. et 1 carte économique structurale à 1 : 125 000 et 1 pl. de coupes).]

[2. N. H. Darton and C. E. Siebenthal, *Geology and Mineral Resources of the Laramie Basin, Wyoming. A Preliminary Report* (U. S. Geol. Survey, Bull. 364, 1908, 81 p., 8 pl. dont 1 carte géol. et 1 pl. de coupes); Eliot Blackwelder, *Cenozoic History of the Laramie Region, Wyoming* (Journ. of Geol., XVII, 1909, p. 429-444, 7 fig.); *Geologic Atlas of the United States*, folio 173 (*Laramie-Sherman*), 1 : 125 000, by N. H. Darton, Eliot Blackwelder and C. E. Siebenthal, 1910. Voir aussi N. H. Darton, *Comparison of the Stratigraphy of the Black Hills, Bighorn Mountains and Rocky Mountain Front Range* (Bull. Geol. Soc. of America, XV, 1904, p. 379-448, pl. 23-36), et *Paleozoic and Mesozoic of Central Wyoming*. (Ibid., XIX, 1908, p. 403-470, pl. 21-30, dont 2 cartes géol.).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 257.

A. Archéen; CS. Cambrien et Silurien; Ca_1. Carbonifère inférieur; Ca_2. Carbonifère supérieur; π, Porphyre; Q. Rhyolite. — Échelle de 1 : 150 000; hauteurs en mètres.

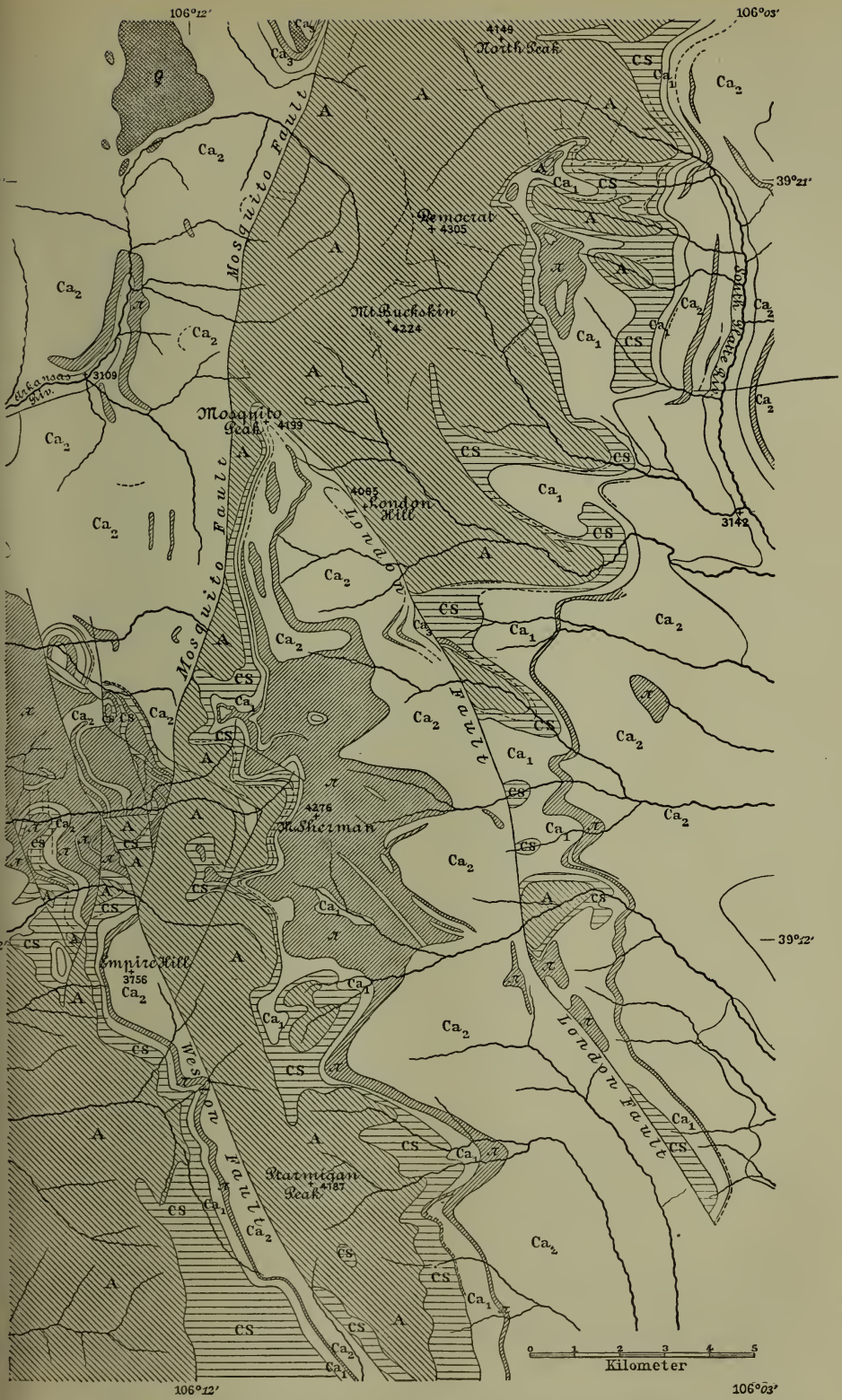


Fig. 257. — Les Montagnes Rocheuses à l'Est de Leadville (Colorado), d'après S. F. Emmons (*U. S. Geol. Survey*, *Monograph XII*, Atlas, 1883, feuilles VI et VII).

Emmons a reconnu que ces parages, abstraction faite des dislocations ultérieures, sont dominés par un plissement d'ensemble orienté N. 30°-40° W., oblique, par conséquent, à cette partie de la chaîne. Au point où la Mosquito Fault atteint le bord septentrional de la carte, son rejet est évalué à plus de 1 500 mètres; il augmente encore plus au Nord, tandis que la faille tourne au N.W., suivant la direction des Monts Sawatch.

Plus au Sud viennent la London Fault et la Weston Fault; le long de tous ces accidents, c'est la lèvre occidentale qui est abaissée; d'un voussoir à l'autre de la chaîne ainsi morcelée, on peut suivre les traces de l'ancien plissement. Un synclinal s'est conservé sur presque toute la largeur du Mosquito Range, et le Carbonifère supérieur atteint encore aujourd'hui l'altitude de 4 199 mètres au Mosquito Peak (I, p. 760)[1].

Le même phénomène, à savoir le morcellement de ces montagnes en coulisses successives, obliques par rapport à la direction principale, se manifeste dans les circonstances les

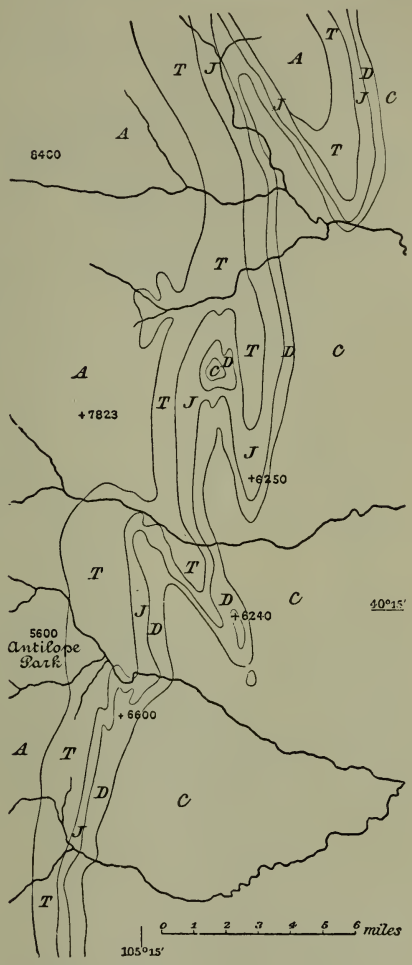


Fig. 258. — Plis « en échelon » (Whitney), sur le bord externe du Colorado Range, d'après S. F. Emmons, W. Cross et G. H. Eldridge.

A. Archéen; *T*. Trias; *J*. Jurassique; *D*. Grès du Dakoto (Cénomanien); *C*. Étages supérieurs du terrain crétacé. — Échelle de 1 : 380 000 environ. Les altitudes (en pieds anglais) n'ont pas été converties en mètres à cause de certaines évaluations en chiffres ronds.

1. S. F. Emmons, *Geology and Mining Industry of Leadville, Colorado* (U. S. Geol. Survey, Monograph XII. In-4°, xxix-770 p., 45 pl., et Atlas in-f°. 35 feuilles, 1886), et *Tenmile District Special Folio, Colorado* (Geol. Atlas of the United States, n° 48, 1898). [Voir aussi S. F. Emmons and J. D. Irving, *The Downtown District of Leadville, Colorado* (U. S. Geol. Survey, Bull. 320, 1907. 75 p., 1 carte géol., 6 pl. de coupes); F. L. Ransome, *Geology and Ore Deposits of the Breckenridge District, Colorado* (Id., Profess. Paper 75. In-4°, 1911, 187 p., 33 pl. dont 1 carte géol.).] Un autre bel exemple est fourni par le « Manitou Embayment »; W. O. Crosby, *Archaean-Cambrian Contact near Manitou, Colorado* (Bull. Geol. Soc. of America, X, 1899, p. 141-164, pl. 14-18, dont 1 carte). [Voir aussi N. H. Darton, *Geology and Underground Waters of the Arkansas Valley in Eastern Colorado* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper N° 52, 1906. In-4°, 90 p., 27 pl.), pl. XVI, XVIII et XXII, et carte géol. générale, pl. VI.]

plus diverses. Sur une certaine distance au Nord de 40° de lat. N., où les sédiments paléozoïques ne sont pas visibles, des baies multiples apparaissent sur la lisière orientale de la chaîne; Emmons et ses collaborateurs interprètent les chaînons qui les séparent comme de véritables anticlinaux (fig. 258)[1].

La forme la plus étrange que présente la bordure externe des Montagnes Rocheuses est le rempart absolument circulaire qui sépare le *Bighorn Basin* des grandes plaines du Missouri (43° 10′ à 45° 30′ de lat. N.; Cloud Peak, 4 100 m.). Mais, en examinant les cartes publiées par Eldridge et plus tard par Darton (fig. 259), on verra que si les flexures qui entourent les horsts ont une influence décisive sur le relief actuel (fig. 261), ce croissant est également formé de plis obliques, séparés par des *embayments* (fig. 260). Les Owl Creek Mountains, qui ferment l'enceinte au Sud, présentent la direction orographique N. 70° W.; et cependant elles comprennent une série d'au moins quatre anticlinaux, s'accolant l'un contre l'autre, et orientés N. 50° à 60° W.[2]

Même les *Black Hills* du Dakota, qui ont été cités comme un exemple typique de soulèvement isolé en dôme, s'alignent suivant une

1. S. F. Emmons, W. Cross and G. H. Eldridge, *Geology of the Denver Basin in Colorado* (U. S. Geol. Survey, Monograph XXVII, 1896, p. 80, pl. IX). [Sur les plis en échelon de la bordure du Front Range, voir N. M. Fenneman, *Geology of the Boulder District, Colorado* (U. S. Geol. Survey, Bull. 265, 1905, 101 p., 5 pl. dont 1 carte géol., 11 fig.); J. Henderson, *The Foothills Formations of North Central Colorado* (Colorado Geol. Survey, First Report, 1908, p. 145-188, pl. XVI-XXI, carte géol. h. t. et Bibliographie).]

2. G. H. Eldridge, *A Geological Reconnaissance in Northwest Wyoming* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 119, 1894, 72 p., 4 pl. dont 1 carte géol., en particulier p. 16 et 37); N. H. Darton, *Geology of the Bighorn Mountains* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper n° 51, 1906. In-4°, 129 p., 47 pl. dont 1 carte géol.; remarquer, notamment, Sheep Mt. Anticline et North and South Fork of the Powder River Syncline, Dry Fork Anticline, etc.). Pour la façon dont se séparent les coulisses, on peut consulter en outre : A. Fisher, *Geology and Water Resources of the Bighorn Basin, Wyoming* (Ibid., n° 53, 1906, 72 p., 16 pl. dont 1 carte géol.). [Voir aussi le *Geologic Atlas of United States*, folios 141 (*Bald Mountain-Daylon*) et 142 (*Cloud Peak-Fort Mc Kinney*), 1 : 125 000, par N. H. Darton, 1906; et le mémoire du même géologue : *Fish Remains in Ordovician Rocks in Bighorn Mountains, Wyoming* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 541-566, pl. 73-79, 6 fig.). — Sur la structure du bord méridional du Bighorn Basin, voir N. H. Darton, *Geology of the Owl Creek Mountains* (59th Congress, 1st Session, Senate Document No. 219, 1906. In-8°, 48 p., 19 pl. dont 1 carte géol., 1 pl. de coupes, 1 carte économique et 1 carte structurale). Pour l'étude de quelques plis compris entre les Monts de Laramie, la chaine des Bighorn et celle du Wind River, voir E. G. Woodruff and C. H. Wegemann, *The Lander and Salt Creek Oil Fields, Wyoming* (U. S. Geol. Survey, Bull. 452, 1911, 87 p., 12 pl. dont 2 cartes géol. et structurales).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 259.

1. Précambrien (Granite, etc.); 2. Cambrien (Deadwood); 3. Ordovicien (Bighorn); 4. Carbonifère (Madison-Amsden-Tensleep); 5. « Red Beds » (Chugwater); 6. Jurassique (Sundance); 7. Crétacé Inférieur (Morrison-Cloverly); 8. Étage du Colorado (Benton-Niobrara); 9. Étage du Montana (Pierre-Fox Hills); 10. Formation de Laramie; 11. Tertiaire (Éocène, etc.); 12. Failles. — Échelle de 1 : 1 250 000.

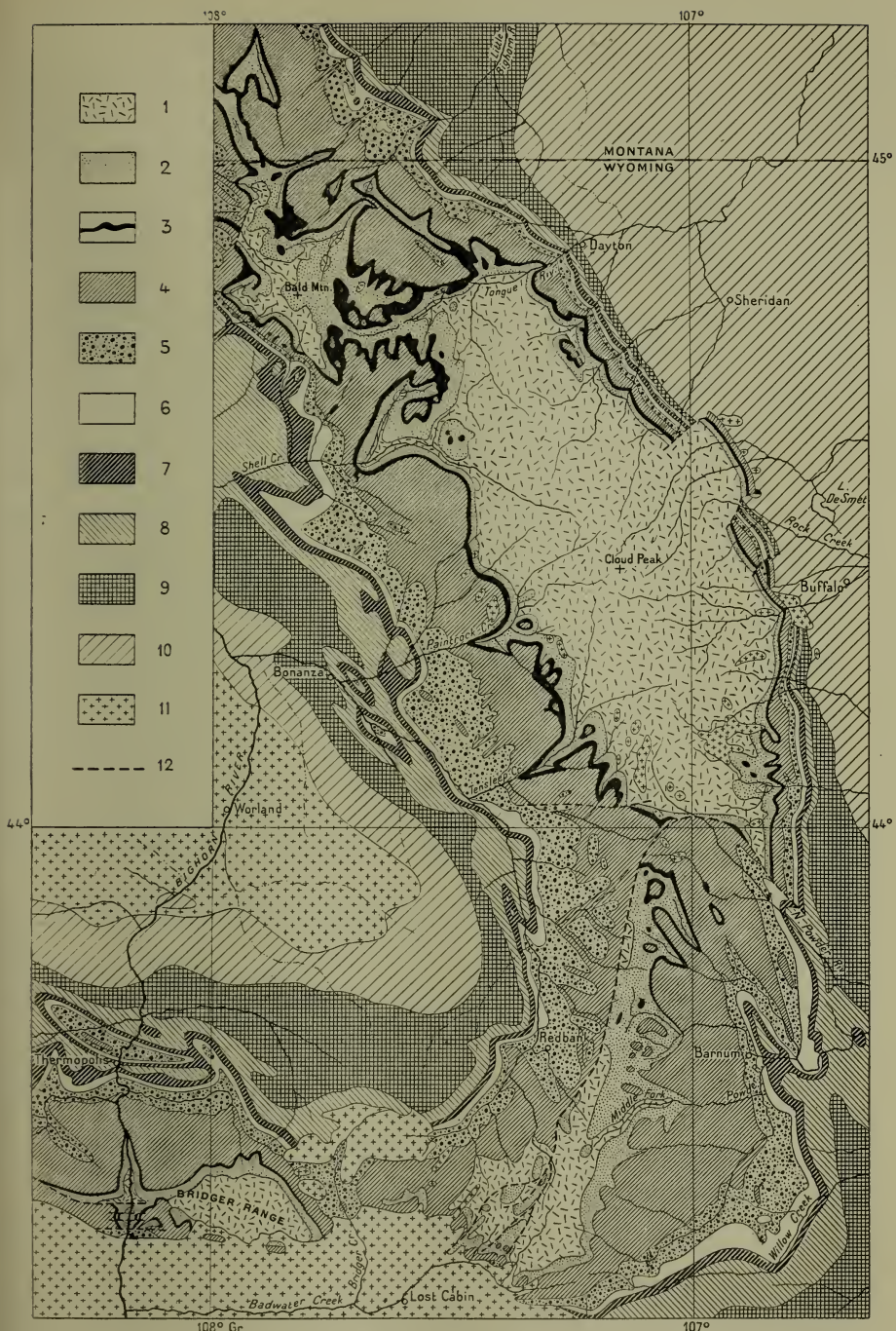


FIG. 259. — Carte géologique des Monts Bighorn (Wyoming), d'après N. H. Darton (*Bull. Geol. Soc. of America*, XVII, 1906, p. 541, pl. 73).

direction voisine[1], et des plis subordonnés de moindre importance, qui apparaissent à l'Ouest, donnent à penser que, là encore, le mode de formation est analogue (I, p. 751).

Dans toutes ces régions, on ne peut discerner de tendance bien nette au plissement soit vers l'Est, soit vers l'Ouest[2]; les multiples anticlinaux obliques qui se succèdent présentent des flancs à peu près symétriques.

Wyoming septentrional et Montana méridional. — Nous sommes arrivés à la latitude du Yellowstone Park. Dans la vallée du Snake River, des épanchements de lave s'étalent jusqu'à une grande distance à l'Ouest; des cônes de cendres isolés se dressent au-dessus des coulées; lorsque, entre 116° et 117°, les laves deviennent moins abondantes, un fond de lac tertiaire apparaît. A l'Est, vers 111°, ces laves, en majeure partie basiques, se relient au Yellowstone Park, où dominent les roches éruptives acides. Ainsi, une grande zone volcanique traverse les Cordillères occidentales aussi bien que les Montagnes Rocheuses.

Sur le haut Snake River, ces épanchements et ces déjections recouvrent complètement les chaînes plissées, venues du Sud, qui marquent, de part et d'autre du 111e méridien, la lisière occidentale de la plaine du haut Green River. Plus à l'Est, les descriptions si instructives que Hague, Iddings et Weed ont données du Yellowstone Park nous font connaître comment les choses se passent[3].

La chaîne méridienne du *Grand Téton* se termine brusquement, comme on sait, vers l'Est, au-dessus du Lac Jackson, par une cassure

[1. N. H. Darton, *Preliminary Description of the Geology and Water Resources of the Southern Half of the Black Hills and adjoining Regions in South Dakota and Wyoming* (21st Ann. Report U. S. Geol. Survey, 1899-1900, pt. 4, p. 489-599, pl. LVIII-CXII, dont 3 cartes géol., 1 pl. de coupes et 1 carte structurale, fig. 272-299); T. A. Jaggar, jr., *The Laccoliths of the Black Hills* (Ibid., pt. 3, p. 163-303, pl. XVIII-XLVII, dont 5 cartes géol., fig. 60-102); J. D. Irving, *Economic Resources of the Northern Black Hills*, with Contributions by S. T. Emmons and T. A. Jaggar, jr. (Id., Prof. Paper No. 26, 1904. In-4°, 222 p., 20 pl., dont 3 cartes géol, 16 fig.); N. H. Darton, *Geology and Water Resources of the Northern Portion of the Black Hills and adjoining Regions in South Dakota and Wyoming* (Id., Ibid., No. 65, 1909. In-4°, 105 p., 24 pl., dont 2 cartes géol., 15 fig.): *Geologic Atlas of the United States*, folios 85 (*Oelrichs*), 107 (*Newcastle*), 108 (*Edgemont*), 127 (*Sundance*), 128 (*Aladdin*), 150 (*Devils Tower*), 164 (*Belle Fourche*), 1 : 125 000, par N. H. Darton, C. C. O'Harra et W. T. Smith, 1902-1909.]

[2. Telle est la direction suivant laquelle sont poussés les remarquables chevauchements découverts dans la partie septentrionale des Monts Wahsatch par E. Blackwelder : *New Light on the Geology of the Wasatch Mountains, Utah* (Bull. Geol. Soc. of America, XXI, 1910, p. 517-542, pl. 36-40, 9 fig.).]

3. Arn. Hague, J. P. Iddings and W. H. Weed, *Geology of the Yellowstone National Park*, Part II. *Descriptive Geology, Petrography, and Paleontology* (U. S. Geol. Survey, Monograph XXXII, 1899. In-4°, XVII-893 p., 121 pl., atlas in-f° de 27 feuilles; p. 149 et suiv.); *Yellowstone National Park Folio, Wyoming*, 1 : 125 000 (Geol. Atlas of the United States, n° 30, 1896). [Voir aussi Arn. Hague, *Geological History of the Yellowstone National Park*. In-8°, 23 p., 9 fig. dont 1 carte, Washington, Department of the Interior, 1912; Emm. de Martonne, *Le Parc National du Yellowstone. Étude morphologique* (Annales de Géogr., XXII, 1913, p. 134-148, fig. 1-5, dont 2 cartes, pl. II, III : phot.).]

de direction N.-S. Son extrémité septentrionale s'avance comme un éperon dans les accumulations volcaniques du Park. Elle est accompagnée de plusieurs autres failles méridiennes, dont l'une, sur le flanc occidental, rapproche le terrain crétacé du Carbonifère, une autre, le Carbonifère du gneiss archéen, une troisième, sur le flanc oriental, le terrain crétacé du Carbonifère; cette dernière bande crétacée atteint la rive méridionale du Yellowstone Lake. Elle est plissée, morcelée, recouverte en partie d'épanchements tabulaires (Huckleberry Mountains, Big Game Ridge, etc.). Dans l'ensemble, cependant, l'extrémité Nord de la Chaîne des Tétons est un horst, qui s'ennoye au Nord sous les cendres et les laves (fig 262).

C'est ainsi que les choses se passent au Sud du Yellowstone Park. Au Nord-Ouest, la structure est analogue. Entre 110° 48′ et 110° 58′, presque sous le méridien des roches archéennes des Tétons, dont l'abrupt occidental est situé par 110° 49′, des roches archéennes émergent des laves. Elles sont également coupées de failles, le long desquelles les sédiments se sont affaissés. C'est le commencement du *Gallatin Range* (fig. 263), qui se poursuit vers le Nord et atteint, grâce aux accumulations volcaniques dont il est surmonté, une altitude et une largeur considérables.

Rapprochons maintenant des cartes du Yellowstone Park les feuilles, également levées par Hague, qui leur font suite à l'Est et au Nord. Nous verrons apparaître d'abord, sur le versant septentrional, prolongeant les terrains du Gallatin Range, un autre massif archéen, coupé de failles, *surmonté de lambeaux cambriens horizontaux* : c'est le *Buffalo Plateau*; plus loin encore, à l'Est et au Nord-Est, apparaissent de hautes montagnes archéennes, inhospitalières, le *Snowy Range*, qui prennent à l'Est le nom de *Beartooth Mountains*. Elles s'avancent à l'Est au delà du bord des Montagnes Rocheuses, comme une masse étrangère; au Sud-Ouest, c'est-à-dire du côté des Monts Absaroka, qui sont constitués par des accumulations volcaniques, et du Yellowstone Park, elles sont entourées d'une bordure paléozoïque très constante, qui s'incline régulièrement vers le S. et le S.W., les tranches des couches cambriennes formant une ceinture continue[1].

Le Yellowstone Park se présente donc comme une région d'affaissement ou d'effondrement. Dans le Sud et le Nord-Ouest, on remarque principalement des failles méridiennes; plusieurs dépassent 1 000 mètres d'amplitude. Dans le Nord-Est, au contraire, le massif des Beartooth s'enfonce, avec sa bordure régulière de sédiments presque horizontaux, sous les laves.

1. Arn. Hague, *Absaroka folio, Wyoming*, 1 : 125 000 (Geol. Atlas of the United States, n° 52, 1899); J. P. Iddings and W. H. Weed, *Livingston folio, Mont.*, 1 : 250 000 (Ibid., n° 1, 1894).

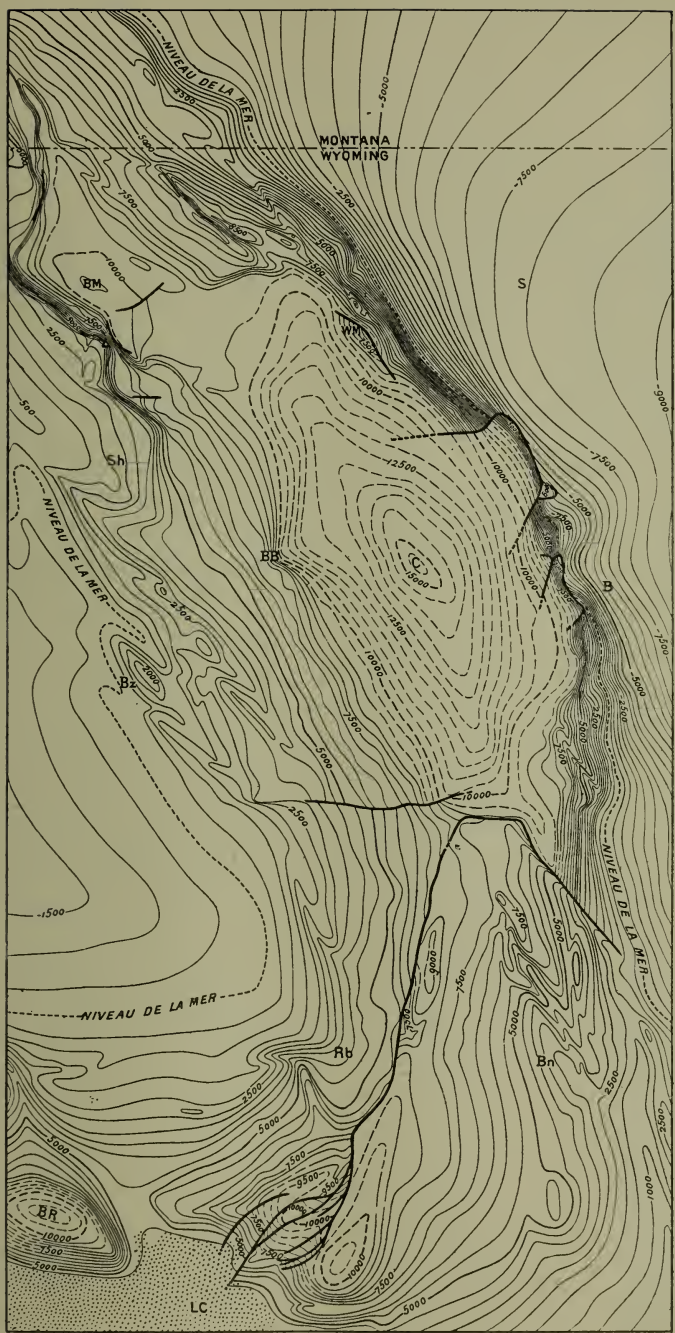


Fig. 260. — Déformations de la base du Terrain Carbonifère (*Madison Limestone*) dans la Chaine des Monts Bighorn, d'après N. H. Darton (*Geologic Atlas of the United States*, folio n° 142. Washington, 1906, p. 13, fig. 5).

Équidistance des courbes . 500 pieds anglais (152 m.). — Échelle de 1 : 1 250 000.

Avec ce dernier massif commence, au Sud de 45°, pour se continuer jusqu'au delà de 47°, et franchir par conséquent la limite du Wyoming et du Montana, un territoire montagneux dont la structure diffère de celle de l'ensemble des Rocheuses et qui, grâce au moindre développement de la couverture volcanique, présente encore plus clairement les caractères d'une aire d'affaissement. Il se subdivise en compartiments distincts qui sont des horsts gneissiques, surmontés çà et là de lambeaux cambriens ou précambriens à peu près horizontaux, délimités par des fractures et des fossés de direction très diverse, le long desquels la série sédimentaire, jusqu'à la formation de Laramie inclusivement, s'est affaissée en subissant des froissements intenses.

Parmi ces compartiments, les principaux sont : les Beartooth Mountains (avec le Snowy Range); au Nord-Ouest de ce massif, dans le prolongement du Gallatin Range, le *Bridger Range*; à l'Ouest et au Nord-Ouest de ce chaînon, les *Great Belt Mountains*; à l'Est et au Nord-Est de ces dernières, les *Little Belt Mountains*, qui se projettent vers l'Est à une distance inusitée en avant de la limite générale des montagnes et se continuent encore assez loin à l'Est, dans la Prairie, par le massif isolé des *Snowy Mountains* (ne pas confondre avec le Snowy Range). A l'intérieur de ce district, à l'Ouest de l'étroit Bridger Range, et enfermé au milieu de ces horsts, se trouve un lambeau de plaine où la rencontre, à Three Forks (par 45° 55′ et 111° 30′ environ), de trois rivières, le Jefferson, le Madison et le Gallatin, donne naissance au Missouri. C'est aussi dans cette région que le groupe paléozoïque se complète par l'apparition de la *Belt series*. D'après Weed, cette série atteint l'épaisseur de 12 000 pieds [3 600 m.] et se compose, à la base, de quartzites et de grès (Neihart Quartzite), puis d'une alternance répétée de schistes et de calcaires. D'après

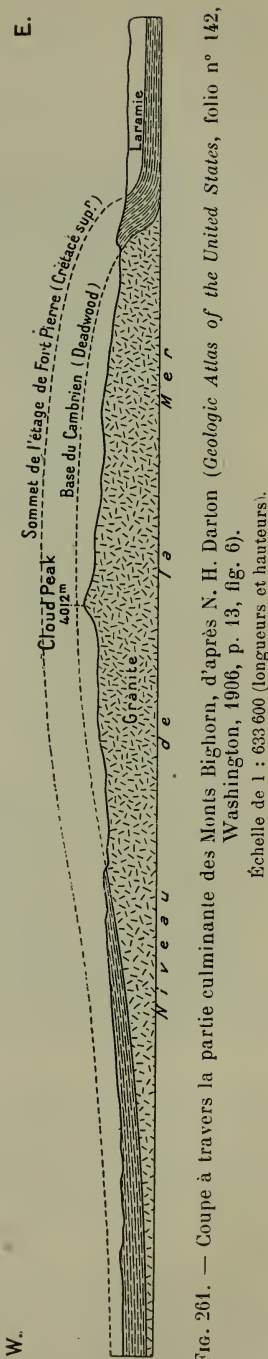


Fig. 261. — Coupe à travers la partie culminante des Monts Bighorn, d'après N. H. Darton (*Geologic Atlas of the United States*, folio n° 142, Washington, 1906, p. 13, fig. 6).
Échelle de 1 : 633 600 (longueurs et hauteurs).

Walcott, elle est surmontée en discordance par le niveau le plus inférieur du Cambrien moyen, repose elle-même en discordance sur les roches archéennes, et contient vers le milieu de sa hauteur, dans les Grayson Shales, des débris organiques, dont les plus reconnaissables sont quelques traces de Mérostomes. Cette formation est souvent regardée comme faisant partie de l'Algonkien[1].

Sur le flanc Nord du massif de Beartooth, on peut distinguer, dans l'étroite bordure externe qui confine à la Prairie, des traces de plissement oblique en coulisses. Le bord oriental du Bridger Range est en partie déversé du côté des plaines. Le faisceau de plis incurvés que Peale a décrit à Three Forks, par conséquent au milieu même des horsts, est déversé vers le S.E.[2].

Les *Castle Mountains*, amorce méridionale des Belt Mountains, sont constituées, d'après Weed et Pirsson, par un paquet de la Belt Series, percé par un volcan aujourd'hui démoli[3].

Les Little Belt Mountains sont comparables, à bien des égards, au massif de Beartooth. D'après la description de Weed, elles forment un dôme très aplati de gneiss, entouré d'une ceinture régulière qui va de la Belt series au terrain crétacé, lequel s'étale pour rejoindre le terrain crétacé des Prairies. Du *Yogo Peak*, sur le flanc Est de ces montagnes, s'étend vers le N.E. une cicatrice syénitique de forme irrégulière, longue de 22 à 24 kilomètres et large de 1 600 mètres au plus. Selon toute apparence, elle se relie en profondeur, d'une façon ou d'une autre, aux grands et nombreux laccolithes du Nord et du Nord-Ouest des Little Belt Mountains, qui ont déterminé, d'ordinaire en pénétrant dans les schistes cambriens peu résistants, des bombements locaux en forme de bosses (fig. 264)[4].

Des pointements volcaniques se rencontrent dans la Prairie jusqu'à une grande distance en dehors de ce district, entourés de couches tantôt redressées, tantôt horizontales[5], et très souvent d'une vaste auréole de

1. C. D. Walcott, *Pre-Cambrian fossiliferous Formations* (Bull. Geol. Soc. of America, X, 1899, p. 199-244, pl. 22-28).

2. A. C. Peale, *The Paleozoic Section in the Vicinity of Three Forks, Montana* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 110, 1893, 56 p., pl. I-VI, dont 1 carte géol.), et *Three Forks folio, Montana*, 1 : 250 000 (Geol. Atlas of the United States, n° 24, 1896).

3. W. H. Weed and L. V. Pirsson, *Geology of the Castle Mountain Mining District, Montana* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 139, 1896, 164 p., pl. I-XVII, dont 1 carte topogr. et 1 carte géol.).

4. W. H. Weed, *Geology of the Little Belt Mountains, Montana, with Notes on the Mineral Deposits of the Neihart, Barker, Yogo, and other Districts. Accompanied by a Report on the Igneous Rocks of the District, by* L. V. Pirsson (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 3, p. 247-581, pl. XXXVI-LXXVII, cartes); W. H. Weed and L. V. Pirsson, *Little Belt Mountain folio, Montana*, 1 : 250 000 (Geol. Atlas of the United States, n° 56, 1899).

[5. W. R. Calvert, *Geology of the Lewistown Coal field, Montana* (U. S. Geol. Survey, Bull. 390, 1909, 83 p., 5 pl. dont 1 carte géol.).]

filons divergents. Les Highwood (47° 30′, 110° 30′), Crazy (46°, 110° 15′) et Judith Mountains (47° 3′ à 47° 18′ et 108° 57′ à 109° 25′) en sont des exemples frappants[1].

On voit donc qu'il existe au Nord du Yellowstone Park une région

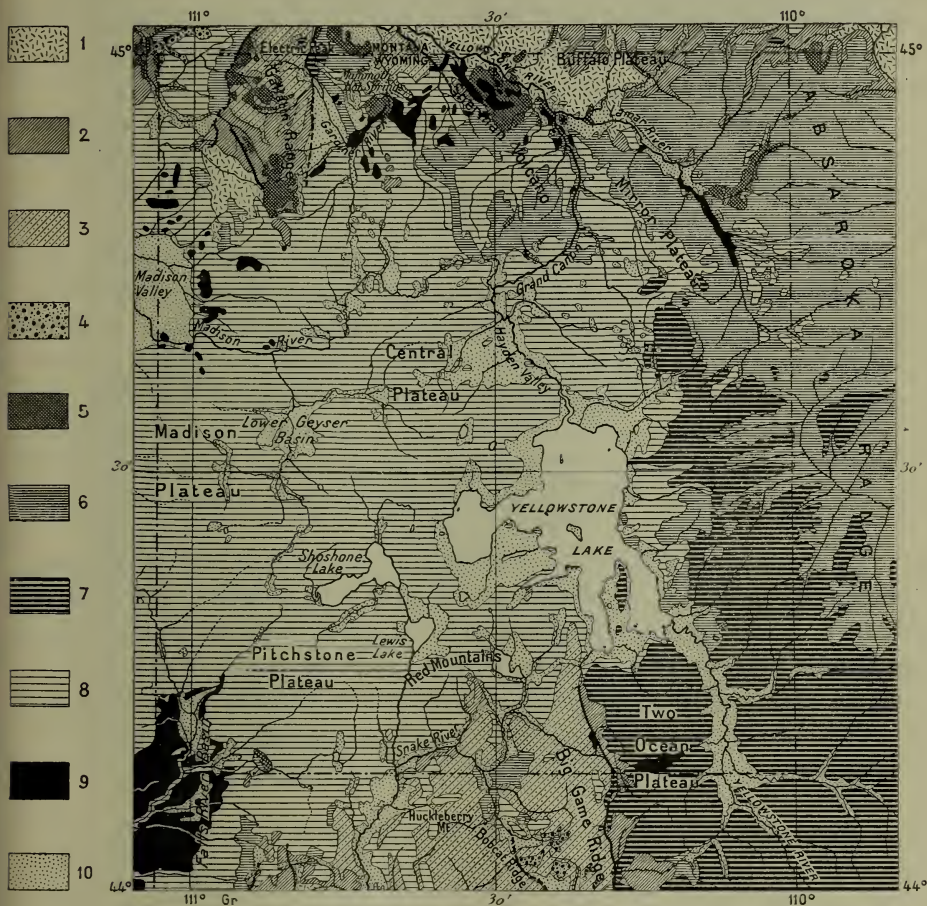


Fig. 262. — Carte géologique du Yellowstone National Park, d'après Arn. Hague, J. P. Iddings et W. H. Weed (*U. S. Geol. Survey*, *Atlas to accompany Monograph XXXII*, part 2, pl. XVII, Washington, 1904).

1. Archéen; 2. Terrains paléozoïques; 3. Terrains mésozoïques; 4. Cailloutis tertiaires (conglomérats éocènes, graviers pliocènes); 5. Roches volcaniques éocènes; 6. D° miocènes, série inférieure; 7. D° d°, série supérieure; 8. Rhyolites pliocènes; 9. Basaltes d°; 10. Alluvions, moraines, dépôts lacustres et tufs (Quaternaire). — Échelle de 1 : 1 000 000.

dans laquelle les plissements obliques disparaissent presque complètement et font place à un affaissement général des montagnes, le long de grandes failles de directions diverses, comme si l'on était en présence

1. W. H. Weed and L. V. Pirsson, *The Highwood Mountains, Montana* (Bull. Geol. Soc. of

non d'un fragment de chaîne plissée, mais d'un morceau d'avant-pays effondré et découpé en horsts. Si maintenant on cherche à l'Ouest la continuation possible des Montagnes Rocheuses, on arrive, au delà de 112°, au Sud d'Helena, à un massif granitique de 64 kilomètres de largeur environ sur 112 de longueur, dont font partie les riches gisements miniers de *Butte*. Ce granite est récent : il modifie au contact le calcaire carbonifère, ce qui ne veut pas dire qu'il ne date d'une époque beaucoup moins ancienne encore [1].

Les travaux de Weed sur le Nord de la région dont il est question ici ont mis hors de doute que les intrusions volcaniques, en particulier les laccolithes des Little Belt Mountains, se sont produites en même temps que les dislocations.

Nous arrivons ainsi à la conclusion suivante : depuis le milieu du Cambrien jusqu'à l'étage de Laramie inclusivement, et malgré certaines lacunes, les couches sont, selon toute apparence, concordantes. Vers la fin du Laramie, de très grandes dislocations interviennent ici, comme sur tout le bord oriental des Montagnes Rocheuses; toutefois, du Yellowstone Park jusqu'au delà de 47°, le mouvement d'affaissement l'emporte à tel point que le plissement ne se traduit guère que par la présence de paquets sédimentaires, pincés, çà et là, le long des failles.

Le Nord. — Au Nord des Belt Mountains, le bord des montagnes change d'aspect. La direction reste à peu près la même que dans le Sud, N. 10-20° W. ; des coulisses existent aussi, mais en général elles sont très longues et très puissantes, et, plus au Nord, il arrive que, par exception, elles se détachent et s'isolent en avant de la chaîne principale [2]. Là commence un grand chevauchement vers l'Est, par-dessus les couches crétacées également plissées des Prairies.

America, VI, 1895, p. 389-422, pl. 24-26); [W. H. Weed and L. V. Pirsson, *Geology of the Shonkin Sag and Palisade Butte Laccoliths in the Highwood Mountains of Montana* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XII, 1901, p. 1-17, 10 fig.); L. V. Pirsson, *Petrography and Geology of the Igneous Rocks of the Highwood Mountains, Montana* (U. S. Geol. Survey, Bull. 237, 1905, 208 p., 8 pl. dont 1 carte topogr. et 1 carte géol., 8 fig.);] J. E. Wolff, *Geology of the Crazy Mountains, Montana* (Bull. Geol. Soc. of America, III, 1892, p. 445-452, carte); W. H. Weed and L. V. Pirsson, *Geology and Mineral Resources of the Judith Mountains of Montana* (18th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1896-97, part 3, p. 437-616, pl. LXIX-LXXXVI, dont 1 carte). [Voir aussi L. V. Pirsson, *The petrographic Province of Central Montana* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XX, 1905, p. 35-49; carte et Bibliographie).]

1. W. H. Weed, S. F. Emmons and G. W. Tower, *Butte special folio, Montana* (Geol. Atlas of the United States, n° 38, 1897). [Voir aussi W. H. Weed, *Geology and Ore Deposits of the Butte District, Montana* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 74, 1912. In-4°, 262 p., 41 pl. dont 1 carte géol. à 1 : 250 000, 109 fig.); J. Barrell, *Geology of the Marysville Mining District, Montana. A Study of Igneous Intrusion and Contact Metamorphism* (Id., Ibid., No. 57, 1907. In-4°, 178 p., 16 pl. dont 1 carte géol. et 1 pl. de coupes).]

[2. Voir le *Geologic Atlas of the United States*, folio 55 (*Fort Benton*), 1 : 250 000, par W. H. Weed, Washington, 1899; C. A. Fisher, *Geology of the Great Falls Coal Field, Montana*

Bailey Willis a décrit la région comprise entre 48° et 49° (fig. 263)[1]. Le bord est formé ici par le *Lewis Range*, mais cette coulisse meurt

Fig. 263. — Carte géologique du Gallatin Range (Yellowstone National Park), d'après J. P. Iddings et W. H. Weed (*U. S. Geol. Survey, Monograph XXXII*, pt. 2, 1899, pl. X).

1. Granite et gneiss (Archéen); 2. Cambrien (Flathead-Gallatin); 3. Silurien (Jefferson); 4. Dévonien (Threeforks); 5. et 6. Carbonifère (Madison, Quadrant); 7. Trias (Teton); 8. Jurassique (Ellis); 9 et 10. Crétacé (Dakota, Colorado-Montana); 11. Porphyre andésitique 12. Porphyre dacitique; 13. Brèches basiques inférieures; 14. Roches intrusives d'Electric Peak; 15. Rhyolites; 16. Basaltes; 17. Alluvions, moraines; 18. Failles. — Échelle de 1 : 200 000.

un peu au Nord de 49°. Le *Livingston Range*, qui vient ensuite à l'Ouest, n'émerge pas, comme c'est la règle, au Sud de la précédente,

(U. S. Geol. Survey, Bull. 356, 1909, 85 p., 12 pl. dont 1 carte géol.), et *Geology and Water Resources of the Great Falls Region, Montana* (Id., Water-Supply Paper 221, 1909, 89 p., 7 pl. dont 3 cartes).]

1. Bailey Willis, *Stratigraphy and Structure, Lewis and Livingston Ranges, Montana* (Bull.

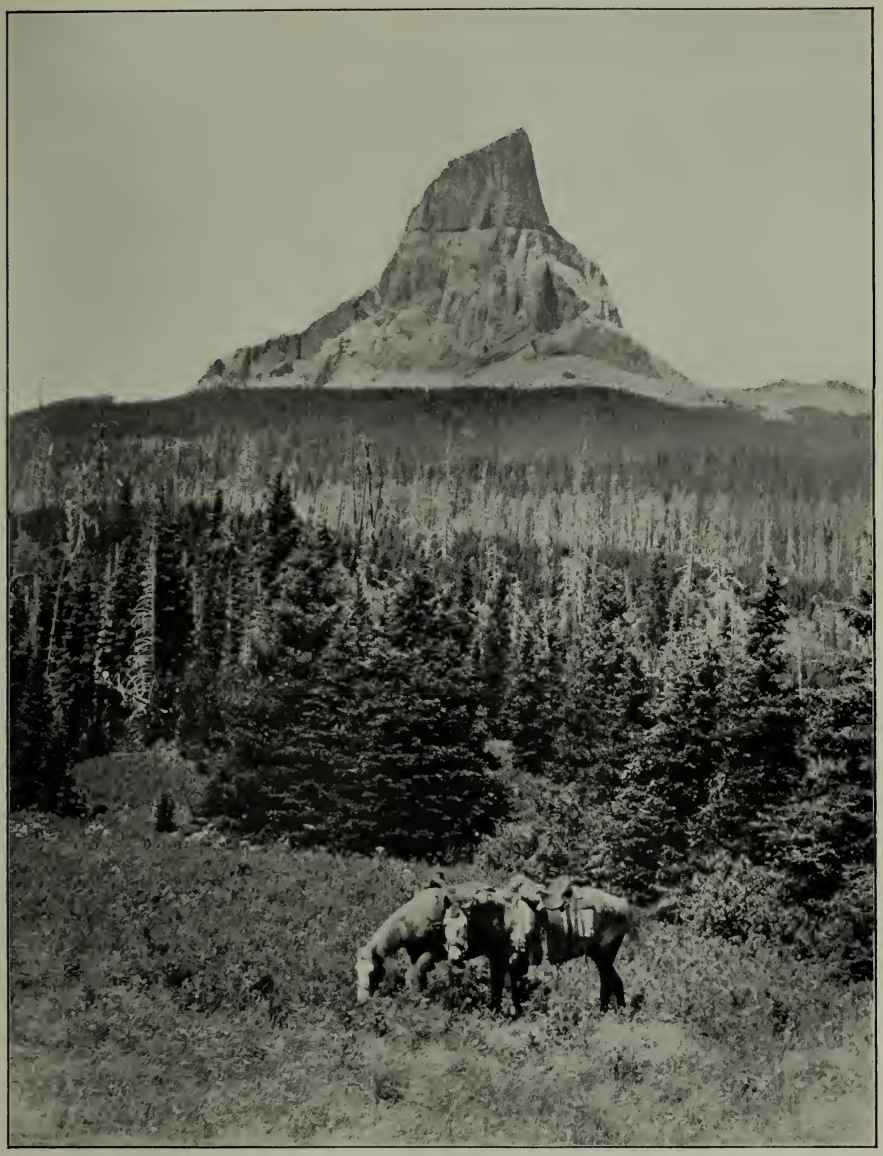
mais plus au Nord, et se perd par 48° 45′. Ces deux chaînes puissantes [1] sont constituées par la Belt series et embrassent en commun un grand synclinal, au-dessus duquel s'élève un anticlinal peu accusé qui porte le plus haut sommet du pays (Mont Cleveland, 3 263 m.). Le Livingston Range est tranché à l'Ouest par une faille longitudinale, au delà de laquelle affleure du calcaire carbonifère. Le Lewis Range se termine à l'Est, du côté de la Prairie, par une ligne irrégulière de murailles abruptes, dépassant souvent 1 300 mètres et constituées surtout par les calcaires de la Belt series. Ces escarpements représentent le rebord, poussé par-dessus les couches crétacées, des terrains paléozoïques; la surface de chevauchement, qui s'étend sur 11 kilomètres au moins de large, ne s'incline en moyenne que de 3° à 7° 45′ vers le S. W. L'irrégularité d'allures du rebord et son apparence de falaise sont dus au démantèlement des roches compactes de la Belt series, superposées aux assises moins résistantes de la série crétacée; la *Chief Mountain*, qui se dresse isolée en avant de l'escarpement, par 48° 56′, est un témoin de ce processus; elle est constituée dans sa partie supérieure par des calcaires cambriens ou précambriens (Belt series), et dans sa partie inférieure par le Crétacé de l'étage du Fort Benton (pl. IX).

A l'Ouest de ces grands chevauchements, la Belt Series pénètre au loin dans les montagnes. Elle atteint certainement 117°. Lindgren distingue ici, sous le nom de *Monts Cœur d'Alène*, une chaîne qui se poursuit du Lolo Pass (46° 35′ de lat. N., 114° 20′ de long. W.) vers le Nord-Ouest par le Lac Cœur d'Alène et est constituée par les mêmes roches. Walcott a montré que les formations du bord oriental affleurent jusque-là, surmontées en discordance par des sédiments du Cambrien moyen, sur une épaisseur extraordinaire et en même temps avec une tranquillité d'allure tout à fait étonnante [2].

Geol. Soc. of America, XIII, 1902, p. 305-352, pl. 46-53, dont 1 carte); pour l'espace intermédiaire qui vient au Sud, voir Rob. H. Chapman, *Notes on the Structure of the Rocky Mountains in the Lewis and Clarke Timber Reserve, Montana* (Trans. Amer. Inst. Mining Engineers, XXIX, 1899, p. 153-156, 1 pl. carte). Pour la région située à l'Ouest de 116°, voir Bailey Willis, *Changes in River Courses in Washington Territory due to Glaciation* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 40, 1887, 10 p., 4 pl. cartes), pl. I. [Voir aussi J. T. Pardee, *The Glacial Lake Missoula* (Journ. of Geol., XVIII, 1910, p. 376-386, 4 fig. dans le texte, dont 1 carte).]

[1. F. E. Matthes, *The Alps of Montana* (Appalachia, Boston, X, 1904, p. 255-276, pl. XXVII-XXX, dont 1 carte), et *The Lewis Range of Northern Montana and its Glaciers* (Report 8th Internat. Geogr. Congress held in the United States, 1904, p. 478-479). — Cette région, l'une des plus pittoresques des Montagnes Rocheuses, a été déclarée en 1910 « Parc National », sous le nom de *Glacier Park*; G. E. Mitchell, *A New National Park* (Nat. Geogr. Mag., Washington, XXI, 1910, p. 215-223, 6 phot.); voir aussi la belle carte à 1 : 125 000, levée en 1900-1904 et 1907-1910 par les topographes de l'U. S. Geol. Survey, jointe au *Report of the Superintendent of the Glacier National Park to the Secretary of the Interior*. In-8°, 20 p. Washington, 1911.]

2. W. Lindgren, *A Geological Reconnaissance across the Bitterroot Range and Clearwater Mountains in Montana and Idaho* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper n° 27, 1904. In-4°, 123 p.,



Cliché Bailey Willis

CHIEF MOUNTAIN (MONTANA) vue du Nord-Est

Recouvrement du Crétacé Supérieur par l'Algonkien *(Belt Series)*.

Près de la frontière canadienne commence un sillon presque rectiligne d'une longueur extraordinaire. Il est parallèle à la direction N.N.W. des couches et au bord externe de la chaîne, et franchit le 49e parallèle près de 115°. Le Kootenay l'emprunte sur une certaine longueur[1]; plus loin, il est suivi par une section de la Columbia, puis par le Canoe River et le haut Fraser jusqu'au delà de 54° [2]. Jusque-là, les eaux qui l'arrosent s'écoulent vers l'Océan Pacifique. A partir de 54° 30′, ce sillon est occupé par la vallée du Parsnip, puis, par celle du Finlay jusqu'au delà de 58°, mais les eaux se rendent désormais à l'Océan Glacial.

Fig. 264. — Distribution des masses laccolithiques dans les Little Belt Mountains (Montana), d'après W. H. Weed (*20th Annual Report U. S. Geol. Survey*, 1898-99, pt. 3, p. 388, fig. 47).

1. Terrains plissés; 2. Terrains horizontaux; 3. Laccolithes. — Échelle de 1 : 500 000 environ. A. Tiger-Butte; B. Thunder Mt. Dome; C. Thillinghast Mt. Dome; D. Kibbey Dome; E. Barker Mt.; F. Clendenin Mt. Dome; G. Mixes Baldy Dome; H. Taylor Peak; I. Foothill Dome; J. Steamboat Mt.; K. Big Baldy Dome; L. Dry Wolf Dome; M. Sage Creek Mt.; N. Ricard Mt.; O. Skull Butte.

Daly a étudié cet accident avec une attention particulière; il l'a suivi jusqu'à la Rivière aux Liards et l'a nommé le « Fossé des Montagnes Rocheuses » (*Rocky Mountain Trench*)[3]. La signification tectonique

15 pl. dont 1 carte géol.; en particulier p. 16 et 81); C. D. Walcott, *Algonkian Formations of Northwestern Montana* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 1-28, pl. 1-11, dont 1 carte). [Voir aussi F. L. Ransome and F. C. Calkins, *The Geology and Ore Deposits of the Cœur d'Alene District, Idaho* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 62, 1908. In-4°, 203 p., 29 pl. dont 3 cartes géol., 23 fig.); F. C. Calkins, *A Geological Reconnaissance in Northern Idaho and Northwestern Montana* (Id., Bull. 384, 1909, 112 p., 2 pl. dont 1 carte géol.).]

1. J. Mc Evoy, Summary Report (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XII. 1899, p. 87 A.).

[2. G. S. Malloch, *A Reconnaissance of the Upper Fraser River between Fort George and Tête Jaune Cache* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1909, p. 123-130, 1 carte).]

3. Reginald A. Daly, *The Nomenclature of the North American Cordillera between the 47th*

de cette dépression, reconnaissable sur au moins 9 degrés de latitude, est inconnue. —

Nous allons suivre, pour commencer, le bord externe des montagnes. Il est marqué par un chevauchement considérable vers l'Est, par de nombreuses et longues coulisses qui le précèdent, et surtout par le fait que le plissement, vers le Nord, empiète de plus en plus sur la série sédimentaire de l'avant-pays, laquelle comprend seulement du Dévonien, du Crétacé moyen et supérieur, et enfin du Tertiaire [1].

Déjà dans le Sud, le Crétacé de l'avant-pays est largement affecté par les plissements. Au chevauchement de Chief Mountain, près de 49°, succède au Nord, jusqu'à 53° au moins, une zone dans laquelle, au début, la partie orientale des montagnes est divisée en longues écailles de couches paléozoïques et crétacées, uniformément inclinées vers l'Ouest et dirigées vers le N.N.W. (Livingstone Range, High Rock Range, etc.) [2]. Vers l'Ouest, c'est-à-dire en allant vers l'intérieur des montagnes, le terrain crétacé disparaît.

G. M. Dawson a mené une coupe de Revelstoke sur la Columbia (51°) vers le Nord-Est jusqu'à Donald (51° 30'), et McConnell l'a continuée vers l'Est jusqu'au bord externe [3]. Suivons cette coupe d'ensemble.

and 53d Parallels of Latitude (Geogr. Journ., London, XXVII, 1906, p. 586-606, carte de la p. 588). La seule disposition comparable, dans d'autres régions, serait fournie par les lignes Scandinaves (voir le t. III du présent ouvrage, 1re partie, p. 521).

[1. Voir la grande carte géologique, à 1 : 2 217 700, jointe au rapport de D. B. Dowling, *The Coal Fields of Manitoba, Saskatchewan, Alberta, and Eastern British Columbia* (Canada, Dept. of Mines, Geol. Survey Branch. In-8°, 111 p., 11 pl. phot., 2 tableaux, Ottawa, 1909); trad. française publ. sous le titre de : *Les terrains houillers de Manitoba, Saskatchewan, Alberta et de l'Est de la Colombie Britannique...* In-8°, 117 p., 1910. Une bibliographie des principales publications relatives à la topographie et à la géologie de la région étudiée occupe les p. 101-106 du texte anglais. — Sur les houilles crétacées et tertiaires de l'Ouest Canadien, voir aussi D. B. Dowling, *The Edmonton Coal Field, Alberta* (Geol. Survey of Canada, Mem. n° 8. In-8°, 59 p., 2 pl. cartes et coupes, Ottawa, 1910); J. B. Porter and R. J. Durley, *An Investigation of the Coals of Canada with reference to their Economic Qualities* : as conducted at Mc Gill University under the auspices of the Dominion Government (Canada Dept. of Mines, Mines Branch). 2 vol. in-8°, nombr. pl. et cartes, Ottawa, 1912 (t. I, p. 63-126, avec Bibliographie).]

2. On peut signaler ici la carte de W. W. Leach, *Geological Sketch Map of part of the Blairmore-Frank Coal-Field, Southern Alberta* (Ann. Rept. Geol. Survey of Canada, XV, 1902-3), et les coupes de D. B. Dowling (Ibid., AA, p. 86 et suiv. [et XVI, 1904, A, p. 105 et suiv., 1 pl. carte géol., croquis et coupes. Voir surtout le mémoire de D. B. Dowling, *Report on the Cascade Coal Basin, Alberta* (Geol. Survey of Canada, 1907. In-8°, 37 p., 5 pl. phot., 7 fig., 4 cartes topogr. et 4 cartes géol. à 1 : 63 360, avec coupes, dans une pochette)]; voir aussi D. D. Cairnes, *Moose Mountain District of Southern Alberta* (Ibid., 1907, 55 p., 3 pl., 2 cartes). Toutes les couches de charbon crétacées sont plissées.

3. G. M. Dawson, *Note on the Geological Structure of the Selkirk Range* (Bull. Geol. Soc. of America, II, 1891, p. 165-176); R. G. McConnell, *Report on the Geological Structure of a Portion of the Rocky Mountains, accompanied by a Section measured near the 51st Parallel* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., II, 1886, part D, 41 p., 1 phot., 1 pl. coupes). Le même massif archéen est décrit par A. Bowman vers 52° 50 : *Report on the Geology of the Mining District of Cariboo, British Columbia* (Ibid., part C, 49 p., 5 pl., 1 carte géol.). [Voir le t. I du présent ouvrage, p. 802-805, fig. 114-116. La coupe de R. G. McConnell est

Dans l'Ouest, le gneiss règne dans les Monts Selkirk[1], ainsi que plus à l'Ouest; viennent ensuite des schistes anciens, puis les équivalents du groupe cambro-silurien de Castle Mountain et la *Bow River series*, dont l'âge est un peu plus ancien, et enfin un grand chevauchement dirigé vers l'Est. Les roches suivantes sont vraisemblablement siluriennes.

Près de Donald, sur la Columbia, apparaît un anticlinal cambrien.

Fig. 265. — Recouvrements du Montana, d'après Bailey Willis (*Bull. Geol. Soc. of America*, XIII, 1902, pl. 48, p. 312).

1. Algonkien (calcaires, quartzites et schistes argileux); 2. Crétacé (grès et argiles); 3. Affleurement de la surface de charriage ramenant l'Algonkien sur le Crétacé (*Lewis Overthrust*). — Échelle de 1 : 500 000.

De là s'étend sur 60 kilomètres, jusqu'au Sawback Range, une succession assez régulière d'anticlinaux et de synclinaux cambriens et siluriens, le premier synclinal paraissant être déjeté vers l'Ouest. A partir du *Sawback Range*, à 36 kilomètres du bord oriental des montagnes,

commentée dans le travail posthume de M. Bertrand, *Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux* (Mém. Acad. Sc. Paris, L, 1908, p. 212-213, fig. 113-114).]

[1. Voir le bel ouvrage de A. G. Wheeler, *The Selkirk Range* (Dept. of the Interior. Ottawa, 1905). In-8°, xvii-459 p., 114 fig., avec portefeuille contenant 1 grande carte topographique en 4 f. à 1 : 60 000, 10 pl. cartes et panoramas (analyse par A. Rühl, Petermanns

règnent le groupe de Castle Mountain[1], puis du Dévonien, du Carbonifère et enfin le Crétacé. A partir de là, les terrains paléozoïques sont découpées en sept écailles successives, qui se recouvrent mutuellement vers l'Est. Sur le bord externe, le groupe de Castle Mountain recouvre le Crétacé sur une largeur de trois kilomètres. McConnell estime l'amplitude de ce chevauchement horizontal à environ 11 kilomètres. Dans l'intérieur des montagnes, quelques-unes des écailles passent à des anticlinaux renversés.

Le long de l'Athabaska supérieur, au Nord de 52° 30′, McEvoy a rencontré des terrains archéens et cambriens plissés, puis, après une grande faille, du Dévonien et du Carbonifère, fortement redressés, il est vrai, sur le bord des montagnes (fig. 266), mais ne passant pas par-dessus le Crétacé[2].

Plus au Nord, les écailles reparaissent.

Par 56°, sur le *Peace River*, McConnell indique six écailles de couches paléozoïques poussées vers l'Est; le Trias s'est trouvé pincé dans les plus orientales; l'inclinaison est uniformément vers l'Ouest.

Mitteil., LIII, 1907, p. 158-159, avec réduction de la carte, pl. 13); la note de G. M. Dawson, mentionnée ci-dessus, est reproduite aux p. 405-409 du vol. de texte. Depuis une vingtaine d'années, de nombreux touristes se sont attachés à gravir les sommets principaux des Rocheuses Canadiennes, en particulier dans la Chaîne des Selkirk, et à en étudier les glaciers; plusieurs de ces tentatives ont donné lieu à de véritables explorations, dont nos connaissances sur la topographie et la géologie de cette magnifique région ont profité dans une large mesure. Pour un historique sommaire, voir l'article de Charles E. Fay, *The World's highest altitudes and first ascents* (Nat. Geogr. Mag., Washington, XX, 1909, p. 509-513, phot. du Mt Assiniboine); voir en outre W. D. Wilcox, *Camping in the Canadian Rockies.... with a Description of the Region about Banff, Lake Louise and Glacier, and a Sketch of the Early Explorations.* In-8°, 294 p., 25 pl. phot., nombreuses fig., New York, 1896, et *The Rockies of Canada*, 3e ed. In-8°, VIII-300 p., 38 phot., 1 carte, 1909; Hugh E. M. Stutfield and J. Norman Collie, *Climbs and Explorations in the Canadian Rockies.* In-8°, XII-342 p., pl. et carte, New York, 1903; A. P. Coleman, *The Canadian Rockies, New and Old Trails.* In-8°, 383 p., nombreuses phot., 4 cartes, New York & London, 1911. — Sur les glaciers, consulter : W. H. Sherzer, *Glacial Studies in the Canadian Rockies and Selkirks. Smithsonian Expedition Season of 1904. Preliminary Report* (Smithsonian Miscellaneous Coll., XLVII, 1905, p. 453-496, pl. LX-LXXII, fig. 64-93), et *Glaciers of the Canadian Rockies and Selkirks, Smithsonian Expedition of 1904* (Smithsonian Contrib. to Knowledge, part of vol. XXXIV. In-4°, XII-135 p., 42 pl. phot. et cartes, Washington, 1907); Howard Palmer, *Some Tramps across the Glaciers and Snowfields of British Columbia* (Nat. Geogr. Mag., XXI, 1910, p. 457-487, 25 phot.). Voir aussi les publications de l'Alpine Club Canadien.]

[1. La stratigraphie du Cambrien de cette partie des Montagnes Rocheuses a été minutieusement analysée par C. D. Walcott, qui y a découvert, non loin de la ligne du *Canadian Pacific*, une faune des plus riches, dont l'état de conservation est tout à fait exceptionnel : C. D. Walcott, *Mount Stephen Rocks and Fossils* (The Canadian Alpine Journal, I, n° 2, 1908, p. 232-248, 7 pl.); *Cambrian Sections of the Cordilleran Area* (*Cambrian Geology and Paleontology*, I, n° 5; Smithsonian Miscellaneous Coll., LIII, p. 204-217, pl. 19-22, 1908); *Pre-Cambrian Rocks of the Bow River Valley, Alberta, Canada* (Id., I, n° 7; Ibid., LIII, p. 423-431, 1910); *A Geologist's Paradise* (Nat. Geogr. Mag., XXII, 1911, p. 509-521, 13 phot., 1 grand panorama phot. hors texte). Pour une description et des figures des nombreux fossiles recueillis, voir la suite de l'ouvrage : *Cambrian Geology and Paleontology*, II, nos 2, 3 et 5, Washington, 1911-1912.]

2. James McEvoy, *Report on the Geology and Natural Resources of the Country traversed*

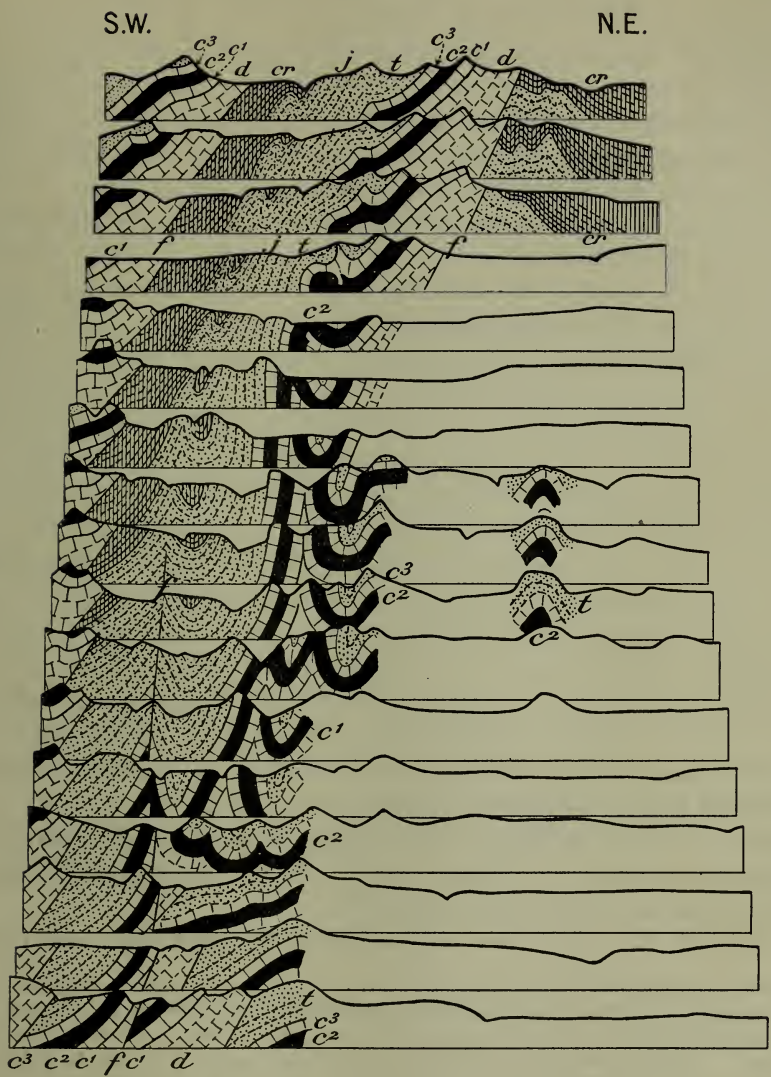


Fig. 266. — Structure des Montagnes Rocheuses au voisinage de la vallée de l'Athabaska (Jasper Park, Alberta), d'après D. B. Dowling (*Summary Report Geol. Survey Branch, Dept. of Mines, for 1910.* Ottawa, 1911, p. 151, fig. 5).

d. Calcaires dolomitiques (Dévonien?); c^1. Calcaires massifs inférieurs; c^2. Marnes et calcaires en bancs minces; c^3. Calcaires massifs supérieurs (Carbonifère); *t*. Grès bigarrés et marnes dolomitiques (Permien et Trias); *j*. Schistes noirs et grès à fossiles marins (Jurassique); *cr*. Formation de Kootanie : grès, schistes et conglomérats avec couches de houille (Crétacé inférieur). — Échelle moyenne 1 : 180 000.

Cette coupe se continue, à l'Ouest, par des roches archéennes qui ont été suivies le long du Parsnip et du Finlay, jusqu'à 57° 40′. Dans ces

by the Yellow Head Pass Route from Edmonton to Tête Jaune Cache, comprising portions of Alberta and British Columbia (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XI, 1901, part D, 44 p.,

parages, le grand sillon longitudinal concorde avec la direction d'une bande paléozoïque, encastrée entre deux écailles archéennes[1].

Un peu au Nord de 56°, dans l'avant-pays, les sédiments paléozoïques inférieurs disparaissent dans la ceinture du bouclier canadien : le Dévonien moyen repose immédiatement sur le gneiss laurentien, et il est suivi par l'étage du Dakota, d'âge cénomanien (II, p. 380).

Continuons, sous la conduite de McConnell, l'examen de la bordure des Montagnes Rocheuses[2].

La direction N.N.W. à N.W. persiste et, par 59° 30′ de lat. N. et 126° de long. W., le bord externe des montagnes arrive, avec des sommets de 900 à 1 200 mètres, jusqu'à la *Rivière aux Liards*, un peu au-dessous de l'ancien Fort Halkett. A l'Est de ce point, la rivière traverse encore quelques bandes étroites de calcaires paléozoïques à Crinoïdes et de Trias, qui se terminent par 124° 40′; la rivière s'encaisse alors jusqu'à la profondeur de 300 mètres, dans des couches crétacées horizontales. Au delà de 60°, entre 124° et 123° 30′, au voisinage du Fort Liard, de nouvelles coulisses cambriennes, de direction N.N.W., apparaissent sur la rive gauche. Là encore, le contraste est manifeste entre l'avant-pays, où la Rivière aux Liards entame des couches dévoniennes et crétacées horizontales, et les chaînons parallèles, dont les pentes rapides s'élèvent tout de suite à 1 200 mètres. Tandis que ces chaînons s'écartent du méridien vers le N.N.W., une nouvelle coulisse cambrienne et silurienne, d'une altitude égale et tout aussi accusée, apparaît à Nahanni Butte, sur la rive gauche de la rivière, au delà de 61° et par 121° 30′; celle-ci est dirigée vers le Nord, de sorte qu'elle s'écarte de la Rivière aux Liards et va former, par 62° 15′, la rive gauche du *Mackenzie*. Elle tourne alors, elle aussi, au N.N.W.

Par 62° 45′ s'élève sur la rive droite du Mackenzie une coulisse

1 carte). [Voir aussi D. B. Dowling, *Coal Fields South of the Grand Trunk Pacific Railway, in the Foothills of the Rocky Mountains, Alberta* (Geol. Survey of Canada, Summary Report 1909, p. 139-150, 1 carte), et *Coal Fields of Jasper Park, Alberta* (Id., 1910, p. 150-168, 2 fig. carte et coupes). — C'est au Nord de cet itinéraire qu'est situé, par 53° 5′ de lat. N. et 119° 10′ de long. W. environ, le Mont Robson, point culminant des Rocheuses Canadiennes (13 700 ft. = 4 175 m., altitude déterminée par J. Mc Evoy en 1898). Ce sommet, qui domine la vallée du Fraser, au Sud-Ouest, de plus de 3 000 m., est formé d'une succession d'assises calcaires presque horizontales, appartenant au Cambrien supérieur (A. P. Coleman, *Mount Robson, the highest point in the Canadian Rockies* (Geogr. Journ., London, XXXVI, 1910, 2e sem., p. 57-63, 4 pl. phot., 1 carte dans le texte), et *The Canadian Rockies, New and Old Trails*. In-8°, New York, 1911, p. 237-362); il a été gravi pour la première fois en 1909, par G. Kinney et D. Phillips; Rev. G. Kinney, *Ascent of Mount Robson, the highest Peak in the Canadian Rockies* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XLII, 1910, p. 496-511, 5 phot.), et *Scenes in the Canadian Rockies* (Nat. Geogr. Mag., Washington, XXII, 1911, p. 521-536, 15 phot.).]

1. R. G. McConnell, *Report on an Exploration of the Rivers Finlay and Omenica* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., VII, 1894, part C, 40 p., 2 pl., 1 carte géol.).

2. R. G. McConnell, *Report on an Exploration the in Yukon and Mackenzie Basins, N. W. T.* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., IV, 1888-89, part D, 163 p., 1 carte-index, 9 cartes topogr. à 1 : 506 880).

très longue, haute de 1 200 mètres; dès lors, le fleuve coule dans une vallée comprise entre les coulisses des Montagnes Rocheuses; la coulisse de gauche s'en écarte de plus en plus, et la vallée s'élargit jusqu'à 90 ou 100 kilomètres; du Dévonien horizontal, parfois aussi plissé, est souvent mis à nu par le fleuve; Whiteaves le rapporte à la zone à *Rhynchonella cuboides* d'Europe[1]. A partir de 64°, le Crétacé à Inocérames apparaît aussi dans la vallée, et le Dévonien contient des sources salées, comme d'ailleurs un peu partout dans l'avant-pays. Néanmoins, la coulisse de la rive droite, qui avait commencé par 62° 45′, se maintient, et elle est traversée à la latitude de 65° 10′ par le Great Bear River; Bell a trouvé en cet endroit, dans les rapides, du Silurien plissé. Le Mont Charles (1 500 pieds [450 m. environ]) fait partie de cette chaîne[2].

Le *Bear Rock* (1 400 pieds [420 m. environ]), qui se dresse isolé au confluent du Great Bear River et du Mackenzie, est une voûte dévonienne; il semble même que sur ce point, des couches tertiaires à empreintes de feuilles aient pris part au plissement.

A partir de là, la hauteur des montagnes décroît; la direction est N.W. Le fleuve coule exclusivement dans le Dévonien et le Crétacé. Le rocher du *Carcajou* (65° 40′, 128° 20′) est un anticlinal des mêmes couches, que McConnell regarde comme le prolongement de la coulisse qui naît près de 61°, par 123° 30′.

Aux rapides de *Sans-Sault* (65° 40′, 129° 10′), le Mackenzie recoupe de nouveau une voûte de Dévonien et de Crétacé, mais ensuite les coulisses se perdent, et l'allure horizontale règne jusqu'au delta. Il en est de même aux rapides des *Ramparts* (66° 15′), où l'on a trouvé *Stringocephalus Burtini*. Par 67° 25′, le Dévonien à *Atrypa reticularis* devient pétrolifère; bientôt après il disparaît, par 131° 40′, sous le Crétacé, qui se poursuit jusqu'à la pointe du delta. Le cours inférieur du Mackenzie est donc situé en dehors des hautes montagnes, dans la série stratigraphique de l'avant-pays; mais cet avant-pays est parcouru par de longues coulisses, parallèles aux hautes montagnes. C'est un cas très exceptionnel[3].

Au rapport de McConnell se relie, d'une manière très instructive, celui de Camsell[4].

1. J. F. Whiteaves, *The Fossils of the Devonian Rocks of the Mackenzie River Basin* (Contributions to Canadian Paleontology, I, 1891, p. 197-253, part 3; particulièrement p. 149).

2. J. Mackintosh Bell, *Report on the Topography and Geology of Great Bear Lake and of a Chain of Lakes and Streams thence to Great Slave Lake* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XII, 1899, part C, p. 25).

3. Le delta est décrit par Ed. de Sainville, *Voyage à l'embouchure de la rivière Mackenzie, 1889-1894* (Bull. Soc. Géogr. Paris, 7e sér., XIX, 1898, p. 291-307, 1 carte); les renseignements géologiques les plus précis sont toujours ceux qu'a donnés Kennicott (voir le t. II du présent ouvrage, p. 55 et 279). Le Rév. Kirby semble avoir recueilli de très bonne heure sur la Riviere Porcupine des fossiles dévoniens.

4. C. Camsell, *Report on the Peel River and Tributaries, Yuyon and Mackenzie* (Ann. Rept.

Revenons aux rapides de Sans-Sault. On a vu que le Mackenzie quitte les montagnes en ce point (près de 65° 40′), et débouche dans un pays où les couches sont horizontales. Le bord des montagnes est assez nettement marqué et court ensuite presque en ligne droite vers l'W.N.W., jusqu'au delà du haut Wind River (affluent de droite du Peel). Là, par 65° 15′ environ et non loin de 136° de long. W., le bord montagneux s'infléchit et court presque droit au Nord jusqu'au voisinage du Fort Mac Pherson. Ainsi, non seulement le Mackenzie au-dessous de Sans-Sault, mais aussi presque tout le cours du Peel restent en dehors des Montagnes Rocheuses. L'un et l'autre coulent sur un plateau de Crétacé horizontal ou faiblement plissé et de couches tertiaires lignitifères. Le Peel s'encaisse assez souvent à une certaine profondeur. Le plateau, dans la partie méridionale, est à une altitude de 1 700 pieds [510 m. environ], interrompu par des coulisses courtes, précédant les montagnes (Illtyd, 4 200 pieds [1 260 m. environ]); il se termine sur le Satah (affluent de droite du Peel, 66° 50′) par un long escarpement. Au pied commence la plaine du bas Mackenzie.

Au-dessous du Fort Mac Pherson, le plateau rejoint, sur la rive gauche du Mackenzie, les montagnes qui reparaissent. Le Mont Goodenough (3 000 pieds [900 m. environ]), près de 68°, avec les pentes très raides de son versant oriental, n'est qu'à 3 kilomètres de l'une des branches du fleuve. Il est formé de couches horizontales ou faiblement plissées. A la base se trouvent des schistes noirs, plus haut des argiles ferrugineuses rubéfiées à Ammonites, et au-dessus des grès. L'altitude diminue vers le N. et le N.W., et les montagnes finissent par plonger sous la mer, à l'Ouest de l'embouchure du Mackenzie. Le rapport de Camsell s'arrête là.

Un peu plus à l'Ouest, les cartes indiquent deux lignes de hauteurs dirigées vers le N.W. et peut-être solidaires, les Monts Richardson et les Monts Buckland. Elles atteignent probablement la mer à l'Est du Malcolm River, vers 139° 30′. Ce sont les chaînons les plus septentrionaux par lesquels les Montagnes Rocheuses pénètrent dans la zone de rebroussement. La ligne de partage des eaux court au Sud de ces hauteurs; dans cette région, entre 69° et 68° de lat. N., par 141° de

Geol. Survey of Canada, new ser., XVI, 1904, CC, 49 p., 3 pl. phot.). MM. Camsell et Daly ont eu l'obligeance de me communiquer cet important rapport avant la publication du volume qui le renferme. Le Nord-Ouest du Canada est représenté sur la *Map of the Yukon Territory, to illustrate the Summary Reports of* R. G. McConnell, Jos. Keele *and* C. Camsell, *1905*, compiled by J. Keele (n° 917), Summary Report Geol. Survey Dept. of Canada (1905), 1906. [Voir aussi J. Keele, *Explorations on the Pelly, Ross and Gravel Rivers in the Yukon and North-West Territories* (Summary Report Geol. Survey Branch, Dept. of Mines, for 1908, p. 33-37), et *A Reconnaissance across the Mackenzie Mountains on the Pelly, Ross, and Gravel Rivers, Yukon and North-Western Territories.* In-8°, 54 p., phot., 1 carte à 1 : 506 880, Ottawa, 1910 (Geol. Survey of Canada, n° 1097).]

long. W., Turner a rencontré, comme on l'a vu, de hautes montagnes; c'est sans doute la chaîne maîtresse E.-W. de S. J. Marsh, que les cartes désignent parfois sous le nom de Davidson Mountains, mais qui forme en réalité l'extrémité des Monts Roumanzov. Cette chaîne doit se terminer à peu de distance de là, car McConnell et Camsell sont allés tous deux du Mackenzie au Porcupine par la Rivière du Rat (67° 45′) sans rencontrer les prolongements de ces hautes montagnes.

McConnell a mené deux coupes, distantes de 30 ou 35 kilomètres l'une de l'autre, de la tête du delta vers l'Ouest. La plus septentrionale, suivant la Rivière du Rat, traverse des montagnes hautes d'environ 2 800 pieds [740 m. environ], faites de grès crétacés à Ammonites, et dirigées N.-S. La deuxième coupe, près de 67° 26′, est fournie par le portage du Peel River à Lapierre House, sur le Bell River. Les montagnes atteignent 4 000 pieds [1 200 m. environ], et semblent former un large anticlinal dirigé vers le N.; mais, là encore, on ne rencontre que le terrain crétacé, qui semble très épais.

Sur le Bell River, l'explorateur n'aperçut la roche en place que sur un seul point : c'étaient des couches crétacées inclinées; la direction semble être ici N.N.W. Plus loin, sur le *Porcupine*, au point où commence le grand coude de cette rivière (67° 30′, 137° 30′), on voit affleurer, sous les grès crétacés, des bancs à Aucelles et, sous ces assises, des roches paléozoïques. Plus loin, sur le Porcupine, se montrent des couches tertiaires; les *Old Crow Mountains* (140°) sont sans doute crétacées. Les *Remparts supérieurs* du Porcupine sont des rapides dans un canyon de basalte; sous le basalte se voient des couches fortement inclinées, probablement dévoniennes, de direction presque exactement N.-S. Les basaltes se continuent, et, aux Remparts inférieurs (par 67° et 142° 30′ environ), le Silurien affleure au-dessous[1]. Puis le Crétacé reparaît, et le Porcupine débouche dans les Yukon Flats.

Tous les accidents que nous avons signalés jusqu'ici, du Mackenzie au rebroussement, font donc partie des coulisses détachées en avant des Montagnes Rocheuses; à l'approche du rebroussement, on remarque que la direction s'infléchit vers le N. Quant à la continuation de la chaîne maîtresse des Montagnes Rocheuses, elle ne peut être cherchée qu'au Sud de la plaine du Peel.

Pour la découvrir, retournons au Sud.

Il reste encore bien des régions inconnues entre les coulisses avan-

1. E. M. Kindle, *Occurences of the Silurian Fauna in Western America* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXV, 1908, p. 125) : étage du Niagara. [Voir aussi le travail du même auteur, *Geologic Reconnaissaace of the Porcupine Valley, Alaska* (Bull. Geol. Soc. of America, XIX, 1908, p. 315-338, carte géol.), et le mémoire de A. H. Brooks and E. M. Kindle, *Palcozoic and associated Rocks of the Upper Yukon, Alaska* (Ibid., p. 255-314, pl. 18-19, 2 cartes géol. dans le texte).]

cées et la série de massifs gneissiques, allongés suivant la direction des couches, qui caractérisent l'Ouest des Montagnes Rocheuses. Cependant le zèle des géologues canadiens, secondé par celui des prospecteurs lancés à la recherche de l'or, permet de reconnaître approximativement les grandes lignes. Les premières indications datent du voyage de G. M. Dawson qui, parti de la Stikine et du cours supérieur de la Rivière aux Liards, atteignit, par le Frances River, le haut Pelly, puis les ruines du Fort Selkirk sur le Yukon et revint au Sud par le Lewes River[1]. Ces travaux et beaucoup d'autres documents plus récents permettent de discerner les traits suivants.

On a déjà signalé les roches archéennes qui affleurent sur le Tochieca River jusqu'à 57° 40′. A partir d'une grande distance, au Sud, les gneiss et granites anciens sont accompagnés par des schistes profondément modifiés, et aussi, çà et là, par des quartzites, marbres et serpentines. Ces schistes sont la roche-mère de l'or. Qu'ils soient ou non interrompus par des granites ou des massifs de gneiss, ou recouverts par le Crétacé ou des dépôts tertiaires, ils se reconnaissent toujours aisément. Ils sont considérés comme précambriens, et le prospecteur trouve aussi peu son compte dans le Cambro-silurien situé plus à l'Est que dans la série située à l'Ouest, et totalement différente, des Montagnes Intermédiaires.

Dawson a reconnu que les granites à biotite de cette zone interne des Montagnes Rocheuses, ainsi que les gneiss auxquels ils passent souvent, sont beaucoup plus anciens que les granites gris à hornblende de la côte occidentale, dont il sera bientôt question. Il lui a semblé que ces massifs se relayaient l'un l'autre, à peu près comme les coulisses de la zone paléozoïque.

Sans entrer dans les détails, nous dirons seulement que le Dease River traverse par 59° une bande large de 20 kilomètres, dirigée vers le N.W., constituée par ces granites anciens et ces roches « granitoïdes », qu'une grande partie des *Cassiar Mountains* appartient aux mêmes terrains et que le Pelly en coupe la direction sous un angle aigu, un peu au Nord du massif des *Glenlyon Mountains*. Celui-ci est constitué par un granite de composition un peu différente, dont les prolongements obliques à l'W.N.W., traversent la rivière.

Toutefois, la plus grande partie du cours du Pelly est comprise dans des schistes avec bancs de silex. Près du confluent du Macmillan, Mc Connell signale des schistes à séricite avec un peu de gneiss, puis des

1. G. M. Dawson, *Report on an Exploration in the Yukon District, N. W. T. and adjacent northern portion of British Columbia, 1887* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., III, part B, 1888, 277-VI p., 6 pl. phot., 1 carte); il a été donné, en 1898, une nouvelle édition de cet important rapport, auquel on a joint un extrait du rapport de McConnell (244 p., cartes).

gneiss granitiques, et un véritable orthogneiss qui est souvent désigné sous le nom de gneiss du Pelly.

A partir de la vallée du Pelly, les terrains anciens, traversant celle du Stewart, atteignent alors le Klondike River, et leur bord septentrional franchit le Yukon un peu au-dessous de la ville de Dawson. Leur direction est N.W.; leur largeur diminue; ils sont nettement limités au Sud[1]. Puis ils se poursuivent au Nord de la Tanana, dans la direction de l'W.N.W. Dans cette région, Spurr a désigné il y a longtemps la chaîne qu'ils constituent sous le nom de *géanticlinal du Yukon*; celui-ci se termine, comme on l'a vu, par 64° 20′ de lat. N. et 147° de long. W.[2].

Toutefois, on ne peut guère parler ici, au voisinage du rebroussement, d'une véritable bande de gneiss. McConnell a fait voir que de beaucoup la plus grande partie des terrains, sur le Klondike et plus au Sud-Est, ont été transformés par de formidables pressions en schistes à séricite de teinte claire, dans lesquels le microscope seul et l'existence de masses isolées, sans limites précises, de gneiss du Pelly, décèlent une origine granitique ou porphyrique. Ces roches intrusives complètement écrasées sont regardées comme étant, dans ces parages, le véritable gîte de l'or[3].

C'est sous cette forme que se termine la série des massifs gneissiques que nous avions déjà rencontrés, au Sud de 49°, sur le flanc occidental de la zone cambro-silurienne. Du Kootenay, au Sud, par le Cariboo District, la vallée du Finlay, la haute Stikine, la haute Rivière aux Liards, les Cassiar Mountains, et nombre d'autres affleurements jusqu'au delà du Klondike, ils sont reliés par une véritable ceinture dorée.

A l'Est et au Nord de cette zone, on distingue aussi, jusqu'auprès du rebroussement, une zone distincte, élevée, de calcaires et de schistes paléozoïques, accompagnée sur une certaine distance par des couches à Aucelles. Elle comprend, au Nord, la ligne de partage du

1. R. G. McConnell, *Yukon District* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XII, 1899, part A, p. 16-52, carte). [Pour un résumé critique de l'état de nos connaissances sur les granites et les schistes cristallins des Montagnes Rocheuses Canadiennes, de la région du Klondike et de l'Alaska, voir C. R. Van Hise and C. K. Leith, *Pre-Cambrian Geology of North America* (U. S. Geol. Survey, Bull. 360, 1909, p. 875-891 : nombreuses indications bibliographiques).]

2. J. E. Spurr, *Geology of the Yukon Gold District, Alaska* (18th. Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1896-97, part 3, p. 87-392, pl. XXXII-LI, dont 11 cartes).

3. R. G. McConnell, *Report on the Klondike Gold Fields* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XIV, 1901, part B, 1905, 71 p., 6 pl., 3 cartes); p. 19, description des schistes à séricite, par Barlow. Pour les rivières Mac Millan et Peel, voir R. G. McConnell, *The Macmillan River, Yukon District* (Ibid., XV, 1902-3, part A, 1906, p. 22-38, 1 carte). [Sur les circonstances de gisement de l'or dans cette région, voir L. M. Prindle, *Occurrence of Gold in the Yukon-Tanana Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. 345, 1908, p. 179-186, pl. IV : carte géol.); et L. M. Prindle and J. B. Mertrie, Jr., *Gold Placers between Woodchopper and Fourth of July Creek, Upper Yukon River* (Ibid., Bull. 520, 1912, p. 201-210, pl. X : carte géol.).]

côté de l'Océan Glacial; elle embrasse vraisemblablement le Selwyn Range (très peu connu), puis l'Ogilvie Range, dont le bord septentrional atteint la lisière de la plaine du Peel au delà de 65°, entre 135° et 136°. A cette zone appartiennent sans doute aussi les hautes montagnes paléozoïques qui confinent au Yukon, en aval de la frontière canadienne, près d'Eagle et au confluent du Tatundock; il en est de même des Monts Ketchumstock, au Nord de la Tanana.

On a déjà vu de quelle manière l'extrémité Nord-Est des Alaska Mountains se raccorde au flanc Sud de cette extrémité Nord-Ouest des Montagnes Rocheuses, dans la vallée de la Tanana.

II. — Le commencement des Montagnes Intermédiaires.

Les volcans de Wrangell. — Par 62° et 63° de lat. N., dans la zone de rebroussement, se trouve le plateau affaissé de la Rivière du Cuivre, qui est surmonté à l'Est par le groupe volcanique des Monts Wrangell. Ce plateau mesure environ 220 kilom. du N.W. au S.E., et un peu moins dans la direction perpendiculaire. La Rivière du Cuivre naît sur le flanc Nord des volcans, contourne leur bord occidental et les sépare de la toundra qui couvre la surface du plateau, au Nord-Ouest et à l'Ouest, jusqu'au pied des Alaska Mountains. La rivière, après avoir ainsi fait le tour des volcans, entre au Sud, près de Taral[1], dans une étroite vallée transversale, longue de 90 kilomètres, qui coupe du Nord au Sud les Monts Chugatch sur toute leur largeur. Avant d'entrer dans le premier canyon, elle reçoit de l'E.S.E. une rivière importante, la Chettyna, qui contourne dans une large vallée le pied méridional des volcans. Les Montagnes Rocheuses ne participent pas à l'entourage du plateau de la Rivière du Cuivre. Le bord méridional est formé par le versant septentrional, très escarpé, surtout dans l'Ouest, des Monts Chugatch, qui se continuent sans interruption au Sud-Est par la Chaîne du Saint-Élie. Au Nord-Ouest du plateau s'élève le Mont Hayes, qui a été déjà cité parmi les derniers sommets orientaux des Alaska Mountains. Ce chaînon présente la direction E.N.E., passant, en conformité avec le rebroussement général, à la direction E.S.E. des Monts Mentasta et des Monts Nutzotin, qui les continuent au Nord des volcans. Les Monts Nutzotin eux-mêmes ne sont séparés, au Nord, du gneiss, également dirigé vers l'E.S.E., des Montagnes Rocheuses que par la large vallée marécageuse de la Tanana (fig. 267).

[1. Voir l'article de Fred H. Moffit, *The Taral and Bremner River Districts* (U. S. Geol. Survey, Bull. 520, 1912, p. 93-104, pl. V : carte géol.).]

Fig. 267. — Le Plateau de la Rivière du Cuivre, d'après la carte de R. U. Goode (*in* A. H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska*; U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 45, pl. XXXIV, 1906). Indications géologiques d'après Mendenhall, Schrader et Spencer. Hauteurs en pieds anglais.

La pénétration du horst en partie mésozoïque est visible sur le versant Sud du Mont Blackburn. Les Monts Hayes et Kimball appartiennent à la Chaîne de l'Alaska; le Mentasta Pass répond à la faille passant au-dessous du Mont Kimball, et les montagnes plus basses, situées au Sud, sont formées de roches éruptives anciennes, de Carbonifère supérieur et de Tertiaire. La Tanana River sert de limite du côté des Montagnes Rocheuses. Les montagnes du Sud entourent la Baie Tchougatsk [Chugatch] et se dirigent au S.E. vers le Saint-Élie.

Le groupe volcanique des Monts Wrangell forme un amas continu de cendres et de laves, qui comprend plusieurs volcans très élevés[1], mais qui englobe en outre, dans le Sud, au Nord de la rivière Chettyna, des

[1. Voir le grand panorama joint à l'article de Walter C. Mendenhall, *The Wrangell Mountains, Alaska* (Nat. Geogr. Mag., XIV, 1903, p. 395-407, 3 phot.). — Sur les glaciers

affleurements de laves plus anciennes et de couches sédimentaires. A l'Ouest aussi, le soubassement de l'édifice volcanique est visible sur plusieurs points.

Le large volcan *Wrangell* (4 269 m.), situé presque exactement par 62° de lat. N. et 144° de long. W., forme le centre du massif; il se relie au Nord, par une haute croupe, avec la plus élevée de ces montagnes, le *Mont Sanford* (4 940 m.); au S.S.E. du Wrangell, un peu en saillie du côté de la Chettyna, se trouve le *Mont Blackburn* (4 919 m.). A l'Ouest, au centre de la boucle décrite par la Rivière du Cuivre, s'élève le *Mont Drum* (plus de 3 600 m.). D'après Mendenhall, cette dernière altitude est atteinte ou dépassée par dix sommets au moins. Le Wrangell était, dans ces dernières années, le seul de ces sommets sur lequel planât un nuage de fumée; mais au printemps de 1907, une phase d'activité volcanique plus violente a commencé, qui semble s'être étendue au Wrangell, au Blackburn et au Sanford [1].

Ce vaste entassement de montagnes mesure 160 kilomètres de l'W.N.W., où il s'abaisse vers le plateau de la Rivière du Cuivre, à l'E.S.E., où il se raccorde aux *Monts Skolai*, qui présentent la même orientation, et 110 kilomètres dans la direction perpendiculaire. Sur les parties élevées des Monts Skolai, on trouve également une longue série d'affleurements de cendres, de laves et de scories récentes, que les glaciers entraînent dans les vallées. On connaît des traces de ce genre jusqu'au Chilkat Pass au-dessus du Lynn Canal. Au-dessus du Glacier de Klutlan se trouve le Mont Na-taz-hat (par 61° 30′ de lat. N. et 141° 30′ de long. W. environ), qui est probablement le point de sortie des cendres blanches formant jusqu'à de grandes distances une couche facilement reconnaissable, intercalée dans l'humus [2].

Le groupe des Monts Wrangell lui-même est déjà un peu à l'Est du rebroussement; les découvertes faites dans les Monts Skolai montrent que la chaîne volcanique se poursuit des Aléoutiennes, par le Cook Inlet, puis par le plateau de la Rivière du Cuivre, les Monts Wrangell et le Na-taz-hat, encore plus loin vers l'E.S.E. On ne connaît pas d'autre exemple d'une ligne de volcans actifs qui suive un rebroussement, et

actuels du versant Nord-Est de ce massif, consulter : Stephen R. Capps, *Glaciation on the North Side of the Wrangell Mountains, Alaska* (Journ. of Geol., XVIII, 1910, p. 33-57, 14 fig.); Sur leur ancienne extension, voir le mémoire du même auteur : *Quaternary Deposits and Glaciation* [*in the Nabesna-White River District, Alaska*] (U. S. Geol. Survey, Bull. 417, 1910, p. 36-42, 2 fig.).]

1. A. Porter, Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, 1907, p. 628 (extr. de : Science, New York).

2. C. Willard Hayes, *An Expedition through the Yukon District* (Nat. Geogr. Mag., IV, 1892, p. 117-162, pl. 18-20 : cartes); A. H. Brooks, *A Reconnaissance from Pyramid Harbor to Eagle City, Alaska, including a Description of the Copper Deposits of the Upper White and Tanana Rivers* (21st. Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1899-1900, part 2, p. 365).

cette circonstance justifiera les développements qui vont suivre[1].

Mendenhall et Brooks sont d'accord pour conclure que les volcans de Wrangell sont situés dans une région affaissée, limitée au Nord, du côté des Monts Nutzotin, par des failles, et au Sud, dans la vallée de la Chettyna, du côté du bord septentrional des Monts Chugatch, par des flexures ou des cassures (fig. 268), c'est-à-dire *dans un fossé d'effondrement longitudinal*[2].

Au Nord, la chaîne maîtresse des Monts Mentasta et Nutzotin est constituée par des grauwackes schisteuses avec nombreux filons de quartz (schistes de la Tanana), coupées du côté des avant-monts méridionaux par une grande faille longitudinale. Au Sud du Wrangell

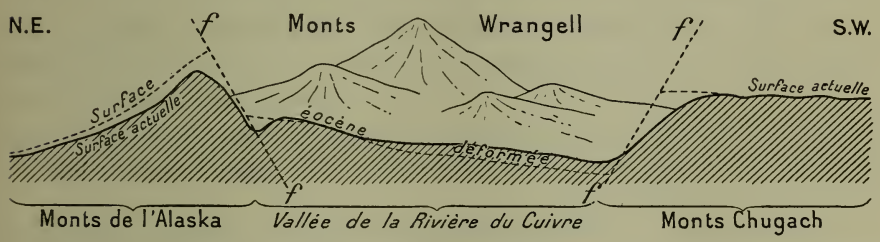


Fig. 268. — Coupe schématique à travers le fossé des Monts Wrangell (Alaska), d'après Walter C. Mendenhall (*U. S. Geol. Survey, Professional Paper* n° 41, 1905, p. 88, fig. 8).

apparaissent des schistes amphiboliques et des micaschistes très modifiés, et aussi des calcaires cristallins (*Klutina series*), qui forment le terme le plus septentrional et le plus ancien des Monts Chugatch (Chaîne du Saint-Élie); ils sont surmontés par une succession puissante

1. Les sources principales sont, pour l'Ouest : W. C. Mendenhall, *Geology of the Central Copper River Region, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. n° 41. In-4°, 133 p., 20 pl., dont 7 cartes, 1905); voir aussi W. C. Mendenhall and F. C. Schrader, *The Mineral Resources of the Mount Wrangell District, Alaska* (Ibid., n° 15. 71 p., 10 pl. dont 4 cartes, 1903); pour l'Est et les Monts Skolai : A. H. Brooks, *A Reconnaissance from Pyramid Harbor to Eagle City, Alaska, including a Description of the Copper Deposits of the Upper White and Tanana Rivers* (21st. Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1899 1900, part 2, p. 331-391, pl. XL-L, dont 6 cartes), et Osc. Rohn, *A Reconnaissance of the Chitina River and the Skolai Mountains, Alaska* (Ibid., p. 393-440, pl. LI-LIX, dont 2 cartes). Pour l'ensemble de la région, consulter : F.C. Schrader and A. C. Spencer, *The Geology and Mineral Resources of the Copper River District, Alaska*. Gr. in-8°, 94 p., 13 pl. dont 5 cartes, Washington, 1901 (publication spéciale de l'U. S. Geol. Survey), et A. H. Brooks *The Geography and Geology of Alaska*, nombreux passages. [Voir aussi Fred H. Moffit and A. G. Maddren, *The Mineral Resources of the Kotsina and Chitina Valleys, Copper River Region* (U. S. Geol. Survey, Bull. 345, 1908, p. 127-175, pl. III : carte), et *Mineral Resources of the Kotsina-Chitina Regions, Alaska* (Id., Bull. 374, 1909, 103 p., 10 pl. dont 1 carte topogr. et 1 carte géol. à 1 : 250 000, 9 fig. dans le texte); Fred H. Moffit and Ad. Knopf, *Mineral Resources of the Nabesna-White River District* (Id., Bull. 379, 1909, p. 161-180, pl. VII : carte; et Bull. 417, 1910, 64 p.).

2. W. C. Mendenhall, Profess. Pap. n° 41, p. 82-88; les faits sont exposés d'une manière presque identique par A. H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska*, p. 256.

de schistes et de grauwackes (*Valdez series*), qui constitue la plus grande partie de ces montagnes.

Le fossé a au moins 170 à 180 kilomètres de large sous le méridien du Mont Wrangell.

La série des couches affectées par l'effondrement comprend les termes suivants :

1. *Diabases de Nikolai*; épanchements successifs, accumulés sur une épaisseur qui peut atteindre 4 000 pieds [1 200 m. environ]; ces roches sont cuprifères dans le haut.

2. *Calcaires du Carbonifère supérieur* à Fusulines et *Productus cora*; Schuchert remarque leur affinité avec certains gisements asiatiques [1].

3. Ensemble puissant de schistes et calcaires *permiens* [2].

4. *Trias* : calcaires de couleur sombre, et au-dessus 3 000 pieds au moins [900 m. environ] de schistes à *Monotis subcircularis* et *Daonella*.

5. Tous ces terrains sont concordants et plissés suivant la direction normale N.W.; sur leurs plis arasés repose en discordance le *Néocomien* (Kennicott formation; *Aucella crassicollis*), identique à l'étage de Knoxville en Californie [3].

6. Lambeaux *tertiaires* isolés, avec débris de plantes sur le bord septentrional.

Le Jurassique moyen, si développé dans la Presqu'île d'Alaska, n'a pas encore été rencontré; de même le Crétacé supérieur, dont l'extension est si générale, n'y est pas encore connu. Le Néocomien est le dépôt sédimentaire le plus récent sur lequel s'étalent les laves des Monts Wrangell.

Si l'on traverse le fossé en venant des Monts Nutzotin, c'est-à-dire du Nord, on trouve d'abord, d'après la carte de Mendenhall, un paquet de roches dioritiques pincées dans la faille bordière, puis la puissante série permienne, redressée fortement le long de la faille et traversée par des

1. Ch. Schuchert, dans F. C. Schrader and A. C. Spencer, *The Geology and Mineral Resources of the Copper River District, Alaska*, p. 44; et 21st. Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1899-1900, part 2, p. 359.

2. Ch. Schuchert, *in* W. C. Mendenhall, Profess. Pap. n° 41, p. 42-46. On a trouvé notamment des Spirifers des groupes des *Sp. striatus*, *arcticus* et *supramosquensis* et des Productus analogues aux *Pr. semireticulatus*, *cora*, *Humboldti*, etc., puis *Goniocladia*, *Orthotichia*, etc.; les genres caractéristiques, tels qu'*Enteletes*, manqent, ainsi que les Céphalopodes.

3. En Californie, on est parvenu à distinguer deux horizons dans les couches à Aucelles, comme en Russie. La partie jurassique s'appelle étage de Mariposa, la partie crétacée étage de Knoxville. Il y existe, de même que dans cette région de l'Alaska, une discordance à la base de l'étage de Knoxville; J. Perrin Smith, *Age of the auriferous Slates of the Sierra Nevada* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 243-258); A. Hyatt, *Trias and Jura in the Western States* (Ibid., p. 395-434); J. S. Diller and T. W. Stanton, *The Shasta-Chico Series* (Ibid., p. 435-464). Dans l'Alaska, cette distinction n'a pas encore été pratiquée partout. [Voir aussi le résumé donné par J. Perrin Smith, *The Geologic Record of California* (Journ. of Geol., XVIII, 1910, p. 216-227, 3 tableaux hors texte).]

filons-lits basiques, et, plus au Sud, horizontale et sans filons-lits. On arrive ensuite à un large massif de diorite, d'andésite ancienne et aussi de diabase. Ces roches plongent sous les alluvions de la Rivière du Cuivre, au-dessus desquelles se dressent les volcans géants. Sur leur flanc occidental affleurent, à travers les laves, des roches profondément modifiées, qui appartiennent peut-être à la *Klutina series* de la chaîne voisine des Monts Chugatch; plus loin, on voit des diorites analogues aux précédentes. Enfin, sur le flanc Sud des volcans et sous leurs déjections apparaît la série complète, depuis les diabases de Nikolai jusqu'au Néocomien. Elle s'élève jusqu'à des hauteurs imposantes; la partie méridionale des épanchements volcaniques repose donc sur un horst, faisant saillie au-dessus du fossé.

Cette partie sédimentaire méridionale du massif des Monts Wrangell n'est autre chose que l'extrémité occidentale des Monts Skolai, qui, elle-même, avec ses volcans, n'est vraisemblablement autre chose qu'une portion moins profondément affaissée du graben.

Brooks et Peters sont allés du Lynn Canal aux Monts Nutzotin et de là au Yukon. Rohn est parvenu au flanc septentrional des volcans en traversant les Monts Skolai. Il est hors de doute que les sédiments paléozoïques supérieurs et mésozoïques du fossé dont nous venons de parler forment une zone continue, qui s'étend depuis les volcans précités jusqu'en Colombie Britannique.

Brooks pense que les volcans des Aléoutiennes, quoique géographiquement séparés, pourraient bien être regardés comme la continuation au S.W. des volcans de Wrangell[1]. Ce qui a été dit dans cet ouvrage de la structure probable en graben du Cook Inlet et du Détroit de Shelikof, ainsi que de la vallée de la Matanuska (fig. 251), confirme cette manière de voir. On peut donc admettre qu'un graben longitudinal, ou un effondrement en forme de fossé, compris entre les Alaska Mountains et les Monts Nutzotin, au Nord, et les chaînes de Kenai et du Saint-Élie (Chugatch), au Sud, accompagne les deux branches du rebroussement.

La granodiorite colombienne. — Nous avons mentionné, au Nord des volcans, les Monts Nutzotin. Sur leur lisière septentrionale, à la limite des plaines de la Tanana, au point où elles sont traversées par le Nabesna River, entre 143° et 142°, Brooks a rencontré un pointement de granite gris[2]. Hayes et Brooks ont retrouvé le même granite sur le haut White River, au Lac Kluane, puis au Lac Dezadeash (137°), c'est à-dire

1. A. H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska*, p. 250.
2. A. H. Brooks, 21st Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1899-1900, part 2, p. 361, pl. XLVII : carte.

dans une zone de direction S.E.[1]. Mais en même temps, ce granite augmente très vite de largeur, il prend par places des caractères dioritiques, et on le désigne, d'ailleurs, sous le nom de granodiorite. Au-dessus des laveries du Porcupine (136° 15′, à l'W.N.W. du Chilkat Inlet, Lynn Canal), C. W. Wright le décrit comme une bande dioritique de plus de 120 kilomètres de large, doublée au Sud, à la distance de 12 ou 13 kilomètres, par une autre bande dioritique large de 3,2 à 6,4 kilomètres. Les sédiments dans lesquels la diorite a pénétré contiennent sur le bord Sud des fossiles du Carbonifère inférieur, et présentent des plissements aigus de direction N. 60° W., avec plongement au N.E. Ils sont modifiés au contact; tantôt la diorite suit les plans de stratification, et tantôt elle en recoupe la direction[2].

C'est l'amorce d'une masse intrusive postérieure au Trias, et, d'après Spencer et C. W. Wright, plus récente même que les couches à Aucelles, mais plus ancienne que le Cénomanien; cette traînée, dont Dawson a reconnu le premier les caractères essentiels[3], atteint des dimensions qui, nulle part ailleurs, ne sont dépassées (fig. 270).

Le bord occidental arrive au fond du Lynn Canal; il est séparé de la mer, sur quelques degrés de latitude, par une bande étroite et très longue de sédiments, qui constitue essentiellement la zone de contact. Au-dessus de cette zone, la granodiorite se dresse en murailles escarpées; elle a une largeur de 80 kilomètres en moyenne, de plus de 100 sur la Stikine; entaillée par des fjords, elle atteint l'embouchure du Fraser; c'est seulement alors qu'elle s'écarte de la mer, pour finir en pointe sur le territoire des États-Unis, au delà de 49°. Sur toute sa

[1. Sur cette région, voir R. G. McConnell, *The Kluane Mining District, South-Western Portion of Yukon District* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1904, p. 1-18, 1 carte géol. hors texte). — Pour les territoires qui s'étendent au Sud de la Rivière Lewes, jusqu'à la frontière de la Colombie Britannique, voir D. D. Cairnes, *Preliminary Report on a Portion of the Yukon Territory, West of the Lewes River and between the Latitudes of Whitehorse and Tantalus* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1908, p. 26-32), et *Report on a Portion of Conrad and Whitehorse Mining Districts, Yukon.* In-8°, 38 p., 8 pl. phot., 2 cartes géol. Ottawa, 1908 (Geol. Survey of Canada); R. G. McConnell, *The Whitehorse Copper Belt, Yukon Territory.* In-8°, v-63 p., 2 pl. phot., 1 carte géol., 7 plans, Ottawa, 1909 (Id.); D. D. Cairnes, *Preliminary Memoir on the Lewes and Nordenskjold Rivers Coal District, Yukon Territory.* In-8°, 70 p., 8 pl., 2 cartes géol., Ottawa, 1910 (Id.).]

2. C. W. Wright, *The Porcupine Placer District, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 236, 1904, 35 p., 10 pl. dont 1 carte géol.).

3. George M. Dawson, *Exploration in the Yukon District and adjacent Northern Portion of British Columbia*, 1887, *with Extracts relating to the Yukon District from Report of an Exploration in the Yukon and Mackenzie Basins, 1887-88, by* R. G. McConnell; new ed. (Geol. Survey of Canada, 1898. In-8°, 244 p., cartes, p. 28). La carte générale publiée par la Commission Géologique du Canada en 1901 (feuille de l'Ouest) représente toute la traînée granitique, y compris ses parties septentrionales, jusqu'à la frontière, le long du 141°. [Sur les premiers massifs intrusifs annonçant, au Nord-Est, la grande traînée granitique, voir J. C. Gwillim, *Report on the Atlin Mining District, British Columbia* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XII, 1899, part B, 48 p., 5 pl. phot., 1 carte géol. à 1 : 253 440).]

longueur *de près de quatorze degrés de latitude*, elle forme de hautes montagnes, rocheuses et escarpées; les sommets de 7 000 pieds [2 100 m. environ] abondent; quelques-uns atteignent 8 000 et 9 000 pieds [2 400 et 2 700 m. environ].

Nous employons le nom de *granodiorite*, d'accord avec les savants américains. En général, on associe à ce nom l'idée d'une roche plus ou moins apparentée à la monzonite ou à la tonalite. Quelquefois aussi, on préfère soit la désignation de *granite*, soit celle de *diorite quartzifère* ou de *diorite*. D'après F. E. Wright, la grande masse intrusive comprend les roches les plus différentes, rarement du granite, plus fréquemment de la granodiorite, de la diorite et du gabbro, et les termes intermédiaires. Des observations faites sur le Behm Canal et l'Unuk River (55° 10′ à 56° 45′) ont révélé sur le bord occidental un passage aux micaschistes, plus rarement à la cornéenne et aux schistes mouchetés, et de nombreuses veines de pegmatite et d'aplite; sur le bord oriental, au contraire, le contact se fait suivant une limite bien définie.

Dans l'Est, Dawson a trouvé en différents points, sur une distance de plus de 800 kilomètres, du Carbonifère supérieur, et, en quelques endroits, par exemple sur la Stikine, du Trias. C'est la même série sédimentaire que dans les Monts Skolai. Dawson concluait, dès 1887, que cette énorme masse n'avait pu atteindre sa position actuelle que par digestion des roches encaissantes [1]. Sur l'Unuk, on remarque, presque au contact, un épanchement récent de lave [2].

Ce batholithe porte au Canada le nom de *Coast Range*. Il diffère des Coast Ranges de Californie. Par suite de sa direction oblique, dans le Nord, on est amené à dire qu'au Nord du Lynn Canal le Coast Range s'enfonce dans l'intérieur des terres.

Brooks estime qu'une roche provenant des parties hautes du Mont McKinley doit être regardée comme de la granodiorite [3].

Pour étudier le bord occidental du batholithe, il nous faut encore une fois revenir vers le Nord.

1. G. M. Dawson, *Geological Examination of the Northern Part of Vancouver Island* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., II, 1887, part B, 129 p., carte; en particulier p. 11). Je tiens à exprimer ici la vive gratitude que je ressens à l'égard de M. G. M. Dawson, décédé malheureusement depuis, et qui avait bien voulu, à plusieurs reprises, m'adresser des renseignements manuscrits sur la traînée granitique, en particulier sur son prolongement au Nord-Ouest.

2. F. E. Wright, *The Unuk River Mining Region of British Columbia* (Summary Report, Geol. Survey Dept. of Canada, 1905, p. 46-53, 1906).

3. A. H. Brooks, *The Geography and Geology of Alaska*, p. 250 et 273. [Voir en outre, ci-dessus, p. 1119, note 1.]

III. — La Chaîne du Saint-Élie.

Les hautes montagnes, élevées de 1 800 à 2 400 mètres et difficilement accessibles, que la Rivière du Cuivre traverse au-dessous de Taral et qui se continuent vers le S.E. entre le Chettyna et l'Océan, sont le prolongement des Monts Chugatch. Elles présentent, comme ceux-ci, les séries de Valdez et d'Orca; de part et d'autre, les terrains les plus récents se trouvent du côté de la mer, et le mouvement est dirigé uniquement dans ce sens. Le bord externe, près du Pacifique, rappelle à bien des égards les bords externes des arcs de l'Eurasie. Auprès de la Controller Bay, un peu à l'Est de l'embouchure de la Rivière du Cuivre, et sur le Lac Bering, situé dans l'intérieur des terres, Martin décrit des schistes bigarrés appartenant peut-être à la série d'Orca; puis des schistes noirâtres, charbonneux et pétrolifères, à coquilles marines tertiaires (Katalla formation, Éocène); enfin la formation charbonneuse de Kenai, et par-dessus, du Miocène marin analogue à celui de l'Ile Unga, l'une des Aléoutiennes.

Tous ces sédiments sont plissés; mais le levé détaillé des plis pour la recherche du pétrole montre qu'entre 144° 30′ et 143°, par conséquent assez loin à l'Est du rebroussement, la direction N.E. règne encore sur la bordure des montagnes; elle n'est interrompue que çà et là par la direction normale N.W., comme si le mouvement du massif situé à l'Ouest du rebroussement avait duré plus longtemps [1]. Au CapYaktag (142° de long W.), des dépôts marins miocènes forment, d'après Eldridge, un anticlinal orienté E.-W. [2].

En même temps, la hauteur de la chaîne augmente. Elle atteint 5 514 mètres au Saint-Élie, au Nord du Cap Yaktag; au Nord-Est de ce cap, au Mont Logan, 5 855 mètres; avec le Fairweather (4 700 m.) et le Crillon, elle arrive au Cross Sound. Là, elle sépare le Lynn Canal de l'Océan, mais elle est elle-même divisée en deux par la Glacier Bay, qui reçoit le grand Glacier de Muir [3].

1. 19th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1897-98, part 6 continued, p. 110; G. C. Martin, *The Petroleum Fields of the Pacific Coast of Alaska, with an account of the Bering River Coal Deposits* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 250, 1905, p. 1-36, pl. II et III, cartes). A la pointe extrême de l'Ile Kayak vers le Sud, un rocher de trachyte [Cap Saint-Élie] surgit inopinément de la mer. [Voir aussi G. C. Martin, *Geology and Mineral Resources of the Controller Bay Region, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 335, 1908, 141 p., 10 pl. dont 5 cartes topogr. et 1 grande carte géol. hors texte).]

2. *Maps and Descriptions of Routes of Exploration in Alaska in 1898.* In-8°, 138 p., 10 cartes à part, Washington, 1899 (publication spéciale de l'U. S. Geol. Survey); G. H. Eldridge, *The Coast from Lynn Canal to Prince William Sound*, p. 104. La petite Ile Middleton, située à 88 km. du continent, au large de la Rivière du Cuivre, est probablement un amas de blocs et de limons, amenés de terre; G. M. Dawson, *Notes on the Geology of Middleton Island, Alaska* (Bull. Geol. Soc. of America, IV, 1893, p. 427-431).

[3. Les glaciers de l'Alaska ont fait l'objet, dans ces dernières années, d'un grand nombre de travaux importants. Voir surtout le beau volume de G. K. Gilbert, intitulé :

Pour la connaissance du Saint-Élie, il existe trois sources principales : deux relations d'Israël C. Russell[1], et une du Prince Louis-Amédée de Savoie[2]. Les deux premières décrivent les pentes et les avant-monts; à la troisième, on doit quelques indications sur le sommet.

Ce sommet est constitué par de la diorite et, dans ses parties culminantes, par une roche à hornblende. Ces hautes régions sont couvertes de neige et de glace, et leurs roches ne sont connues que par les débris accumulés dans les moraines. On a rapporté des échantillons de gabbro du Mont Cook[3]. A l'intérieur de la Disenchantment Bay, Russell a rencontré des calcaires blancs et des schistes verts, avec d'épais filons de diorite micacée quartzifère. Encore plus au Sud-Est, Reid mentionne, sur les bords de la Glacier Bay et auprès du Muir Glacier, de grands affleurements de diorite et de diorite quartzifère, traversant des terrains paléozoïques plissés. Ces roches se continuent dans l'Ile Chichagof et pourraient bien n'être que des ramifications du grand batholithe[4]. A Drake Island (au centre de la Glacier Bay, 58° 40′ de lat. N.), on a trouvé *Leperditia baltica* du Silurien supérieur, et au Dirt Glacier (extrémité Sud-Est du Muir Glacier), un Polypier paléozoïque[5].

Alaska. Glaciers and Glaciation (Harriman Alaska Expedition, vol. III). In-8°, XII-231 p., 18 pl., dont 6 cartes, 106 fig. dans le texte, New York, 1904; consulter en outre l'article de J. Partsch, *Alaskas Bedeutung für die Gletscherkunde* (Mitteil. Vereins f. Erdkunde, Leipzig, 1907, p. 55-70, 1 carte h. t.), et la *Revue de Glaciologie* de Ch. Rabot (n° 3, avril 1903-1er janvier 1907). formant le vol. V des Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles, Géologie et Géographie, 1909, p. 151-157. Voir aussi R. S. Tarr and L. Martin, *The National Geographic Society's Alaskan Expedition of 1909* (Nat. Geogr. Mag., XXI, 1910, p. 1-54, 58 fig.), et les mémoires suivants de Lawrence Martin : *The Study of Glaciers in Alaska in 1909* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, IV, 1910, p. 142-146, 2 fig.); *The National Geographic Society Researches in Alaska* (Nat. Geogr. Mag., XXII, 1911, p. 537-561, 22 fig.); *Gletscheruntersuchungen längs der Küste von Alaska* (Petermanns Mitteil., LVIII, 1912, II, p. 78-81 et 147-149, pl. 9 : carte, et 10-12 : phot.). Consulter, en outre, les études de détails signalées dans les notes suivantes.]

1. Israel C. Russell, *An Expedition to Mount St. Elias, Alaska* (Nat. Geogr. Mag., III, 1891, p. 53-204, 8 fig., pl. 2-20, dont 7 cartes; en particulier p. 167 et suiv.); le même, *Second Expedition to Mount Saint Elias, in 1891* (13th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1891-'92, part 2, p. 1-91, pl. III-XXI, dont 2 cartes).

2. Filippo De Filippi, *La Spedizione di S. A. R. il Principe Luigi Amedeo di Savoia, Duca delle Abruzzi al Monte Sant'Elia (Alaska), 1897*. Gr. in-8°, XVII-284 p., 34 pl., 4 panoramas phot. et 2 cartes, Milano, 1900; voir, en particulier, V. Novarese, *Roccie e Minerali dell'Alaska Meridionale* (Ibid., Appendice E, p. 261-268).

3. G. H. Williams, *Notes on some Eruptive Rocks from Alaska* (Nat. Geogr. Mag., IV, 1892, p. 68). Cet échantillon est comparé à la « Forellenstein » de Neurode (Silésie).

4. H. F. Reid, *Glacier Bay and its Glaciers* (16th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1894-95, part 1, p. 415-461, pl. LXXXVI-XCVI, dont 4 cartes, en particulier p. 433); voir aussi G. H. Williams, mém. cité; H. F. Reid, *Studies of Muir Glacier, Alaska* (Nat. Geogr. Mag., IV, 1892, p. 19-55, pl. 1-15, dont 2 cartes); H. P. Cushing, *Notes on the Geology of the Vicinity of Muir Glacier* (Ibid., p. 56-62, pl. 16 : carte géol.), et *Notes on the areal Geology of Glacier Bay, Alaska* (Trans. New York Acad. of Sc., XV, 1896, p. 24-34, pl. I).

5. Ch. Schuchert, *in* A. H. Brooks, *Preliminary Report on the Ketchikan Mining District, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper n° 1, 1902. In-4°, 120 p., 2 pl. cartes géol.), p. 19.

Revenons aux escarpements méridionaux de la pyramide du Saint-Élie. Ils pourraient bien représenter les tranches de la grande bande paléozoïque. Les couches y plongent doucement vers le N.E. Sous les éperons en saillie du versant affleurent des grès bruns et des schistes noirs, le *Yakutat System* de Russell, dont nous avons déjà indiqué, dans l'Ile Kodiak (Aléoutiennes), la ressemblance avec le Flysch crétacé. Les couches de Yakutat, fortement plissées et écrasées, *plongent sous le massif du Saint-Élie*. En fait, il faut admettre que la bande paléozoïque maîtresse a été poussée du N.E. par-dessus le système de Yakutat, à peu près comme la zone calcaire des Alpes Orientales s'est trouvée charriée par-dessus la zone du Flysch.

Plus loin, le système de Yakutat affleure, avec la même inclinaison vers le N.E., sur les pentes méridionales que dominent les Pics Newton et Augusta, dans le Massif du Saint-Élie. On n'a pas rencontré d'autres terrains jusqu'à la Baie de Yakutat (140°). La même inclinaison faible vers le N.E. règne encore de l'autre côté de la baie; mais sur la lisière extrême, au Sud (Blossom sur le bord N.E. du Malaspina Glacier, Ile Knight dans la Baie de Yakutat), les couches se redressent fortement.

Le *Yakutat System* fait place au Sud-Ouest, dans le massif du Saint-Élie, au *Pinnacle System*. Dans son premier rapport, Russell le décrivait, au Pinnacle Pass, comme une série de grès, épaisse de 1 800 pieds [550 m. environ], avec des veines de charbon peu importantes à la base et des intercalations répétées de conglomérats et de blocs de roches anciennes. La partie supérieure du système est formée par des calcaires gris compacts, à grands Pectens. Jusqu'à nouvel ordre, on pourrait considérer ce système comme tertiaire; il apparaît aussi sous la même forme entre les Chaix Hills et les couches de Yakutat au-dessous du Saint-Élie. On pourrait peut-être même supposer que c'est le même horizon dont les grands Pectens, apparaissant plus loin au S.E. dans la Lituya Bay (au pied du Mont Fairweather), à 400 mètres environ au-dessus de la mer, excitèrent, il y a longtemps déjà, l'étonnement de La Pérouse. Les couches de la Lituya Bay présentent, d'après Dall, une inclinaison de 15° à 75° au N.W.; la petite Cenotaph Island est miocène[1].

Russell signale en outre des terrains encore plus récents. Au sommet du Pinnacle Pass, à 5 000 pieds [environ 1 500 m.], on a trouvé dans

1. W. H. Dall *in* W. H. Dall and G. D. Harris, *Correlation papers. Neocene* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 84, 1892, 349 p., 3 pl. cartes, 43 fig.), p. 236; et *Report on Coal and Lignite of Alaska* (17th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1895-96, part 1, p. 783). Russell, malgré les doutes qu'il a exprimés à plusieurs reprises, a envisagé le *Pinnacle System* comme antérieur aux couches de Yakutat; Novarese a insisté sur l'incertitude de cette conclusion. La cause en doit probablement être cherchée dans l'allure des couches, qui, selon toute apparence, sont renversées.

des grès et des schistes *Mya arenaria*, *Cardium islandicum* et d'autres espèces arctiques encore vivantes [1].

Les Chaix Hills, hautes de 900 à 1 000 mètres, longues de 12 à 16 kilomètres, s'allongent vers le S.E. et offrent des pentes extrêmement raides vers le Sud, les couches étant inclinées de 10° à 15° vers le N.E. Elles sont entièrement formées de matériaux morainiques, avec blocs polis. Dans les intercalations d'argile fine apparaissent *Cardium islandicum*, *Panopæa arctica*, etc. Les avant-monts du Saint-Élie, comme les Samovar Mountains et probablement aussi les Robinson Mountains, ont une constitution analogue; dans les uns et les autres, les couches s'inclinent vers le N. [2].

Ces détails montrent que de longues zones de roches se poursuivent des sommets du Saint-Élie à peu près dans la direction du S.E. jusqu'à la Baie de Yakutat [3], et que certaines d'entre elles vont encore plus loin. Une roche à hornblende et une diorite d'âge inconnu forment les parties les plus élevées, sous lesquelles le *Yakutat System*, analogue au Flysch, s'enfonce doucement; ensuite vient, avec la même inclinaison, le *Pinnacle System*, rapporté hypothétiquement au Tertiaire moyen, et auquel succèdent, du côté de l'Océan, à partir de l'altitude de 1 500 mètres, des boues glaciaires. Plus au Nord (145°), on voit des dépôts marins récents, horizontaux, qui sur quelques points s'élèvent à 30 pieds [9 m. environ] au-dessus du rivage.

Le mouvement orogénique tardif qui a porté les dépôts glaciaires à des altitudes aussi considérables aurait, d'après des renseignements encore incomplets, atteint son maximum au voisinage du faîte du grand Glacier de Malaspina [4], qui, sur une largeur de 100 kilomètres, arrive à la mer à l'Ouest de la Yakutat Bay. La première explication qui se pré-

1. Isr. C. Russell, *Expedition to Mount Saint Elias*, p. 170 et suiv.

2. Isr. C. Russell, *Second Expedition to Mount Saint Elias*, p. 24 et suiv.

[3. Voir le *Professional Paper 64* publié par l'U. S. Geol. Survey, sous le titre de : *The Yakutat Bay Region, Alaska. Physiography and Glacial Geology*, by Ralph S. Tarr; *Areal Geology*, by Ralph S. Tarr and Bert S. Butler. In-4°, 183 p., 37 pl. dont 3 cartes et 34 phot., 10 fig., 1911. Voir aussi R. S. Tarr and L. Martin, *Glaciers and Glaciation of Yakutat Bay, Alaska* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XXXVIII, 1906, p. 145-167, 1 carte hors texte. 12 pl. phot.); R. S. Tarr, *Second Expedition to Yakutat Bay, Alaska* (Bull. Geogr. Soc. Philadelphia, V, 1907, p. 1-14, 1 carte dans le texte, 4 pl. phot.), et *Recent Advance of Glaciers in the Yakutat Bay Region, Alaska* (Bull. Geol. Soc. of America, XVIII, 1907, p. 257-286, pl. 7-23, dont 1 carte); Eliot Blackwelder, *Reconnaissance on the Pacific Slope from Yakutat to Alsek River* (U. S. Geol. Survey, Bull. 314, 1907, p. 82-88); R. S. Tarr, *Some Phenomena of the Glacier Margins in the Yakutat Bay Region, Alaska* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, III, 1908, p. 81-110, 10 fig. dont 1 carte); E. Blackwelder, *The Yakutat Coastal Plain of Alaska; a combined terrestrial and marine Formation* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXVII, 1909, p. 459-466, 3 fig. dont 1 carte); L. Martin, *The Hubbard Glacier, Alaska* (Popular Science Monthly, LXXVI, 1910, p. 293-305, 14 fig.).]

[4. R. S. Tarr, *The Malaspina Glacier* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XXXIX, 1907, p. 273-285, 5 fig. dont 1 carte); Lawrence Martin, *The Malaspina Glacier Region of Alaska* (Journ. of Geol., XVII, 1909, p. 664-666, 1 carte dans le texte).]

sente est que toute la Chaîne du Saint-Élie, à l'époque post-glaciaire, a été poussée du N.E. par-dessus des couches analogues au Flysch, des assises tertiaires et des dépôts glaciaires.

D'après un rapport de Tarr et Martin, *cette chaîne est encore aujourd'hui en voie de formation*. Certains indices tendent à prouver qu'il s'est produit, en septembre 1899, à l'intérieur de la Yakutat Bay, à la suite de secousses sismiques répétées, un soulèvement du sol, d'importance très variable d'un point à un autre (fig. 269). L'amplitude maximum, localisée sur la côte occidentale de la Disenchantment Bay, n'atteint pas moins de 14,4 mètres. C'est probablement là, avec San Francisco, l'exemple le mieux étudié de mouvements tectoniques incontestables survenus à l'époque actuelle[1]. L'irrégularité de ces mouvements offre un contraste très instructif avec les lignes de rivage eustatiques.

L'Archipel Alexandre. — Tandis que le grand batholithe se rapproche de la mer, la Chaîne du Saint-Élie diminue rapidement de hauteur. Dans l'archipel qui lui fait suite avec la même direction, l'Ile Baranof, seule, atteint encore 1 000 à 1 200 mètres. A l'Ouest de Baranof, dans l'Ile Kruzof, apparaît encore un volcan isolé, le Mont Edgecumbe[2]; tout le reste de l'archipel forme de longs alignements

1. R. S. Tarr and Lawrence Martin, *Recent Change of Level in Alaska* (Geogr. Journ. London, XXVIII, 1906, p. 30-43, 9 fig. dont 1 carte); et *Recent Changes of Level in the Yakutat Bay Region, Alaska* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 29-64, pl. 12-23, dont 2 cartes). [Voir aussi L. Martin, *Alaskan Earthquakes of 1899* (Bull. Geol. Soc. of America, XXI, 1910, p. 339-406, pl. 29-30 : séismogrammes, 9 fig.), et surtout l'importante monographie de R. S. Tarr and L. Martin, *The Earthquakes at Yakutat Bay, Alaska, in September, 1899*. With a Preface by G. K. Gilbert (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 69, 1912. In-4°, 135 p., 33 pl. dont 8 cartes, 5 fig.).] Une tentative faite par Tarr, en vue d'atteindre les couches glaciaires surélevées de Russell, a échoué par suite des remarquables modifications qui se sont produites pendant l'été de 1906 dans l'état des glaciers. [Ces modifications sont elles-mêmes une conséquence à long terme des chocs éprouvés par la partie supérieure des glaciers, lors du séisme de 1899; R. S. Tarr, *The Theory of Advance of Glaciers in response to Earthquake Shaking* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, V, 1910, p. 1-35, 9 fig. dont 1 carte).]

2. En dépit de la croyance contraire, son activité pendant l'époque historique — qui est d'ailleurs très courte, dans l'espèce, — n'est pas démontrée; G. F. Becker, *Reconnaissance of the Gold fields of Southern Alaska, with Some Notes on general Geology* (18th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1896-97, part 3, p. 1-86, pl. I-XXXI, dont 6 cartes; en particulier p. 12). Les laves du Mont Edgecumbe ont été décrites par Szachno, Trav. Soc. des Naturalistes de St-Pétersbourg, XXIII, 1895, p. 98-100 (r.). [Voir aussi Ad. Knopf, *The Sitka Mining District, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 504, 1912, 32 p., 1 carte géol., 4 fig.).]

LÉGENDE DE LA FIGURE 269.

Les lignes brisées AB, C, D, E indiquent le tracé probable des principales failles qui ont pris naissance lors des tremblements de terre de 1899; les chiffres placés au voisinage expriment, en mètres et décimètres, l'amplitude du mouvement vertical absolu, rapporté au niveau moyen de la mer; le signe — et les parties hachurées désignent les régions où il y a eu affaissement; *f*, autres failles; pointillé : alluvions, dépôts de plages, etc.; *m*, parties des glaciers recouvertes de moraines. — Échelle de 1 : 500 000.

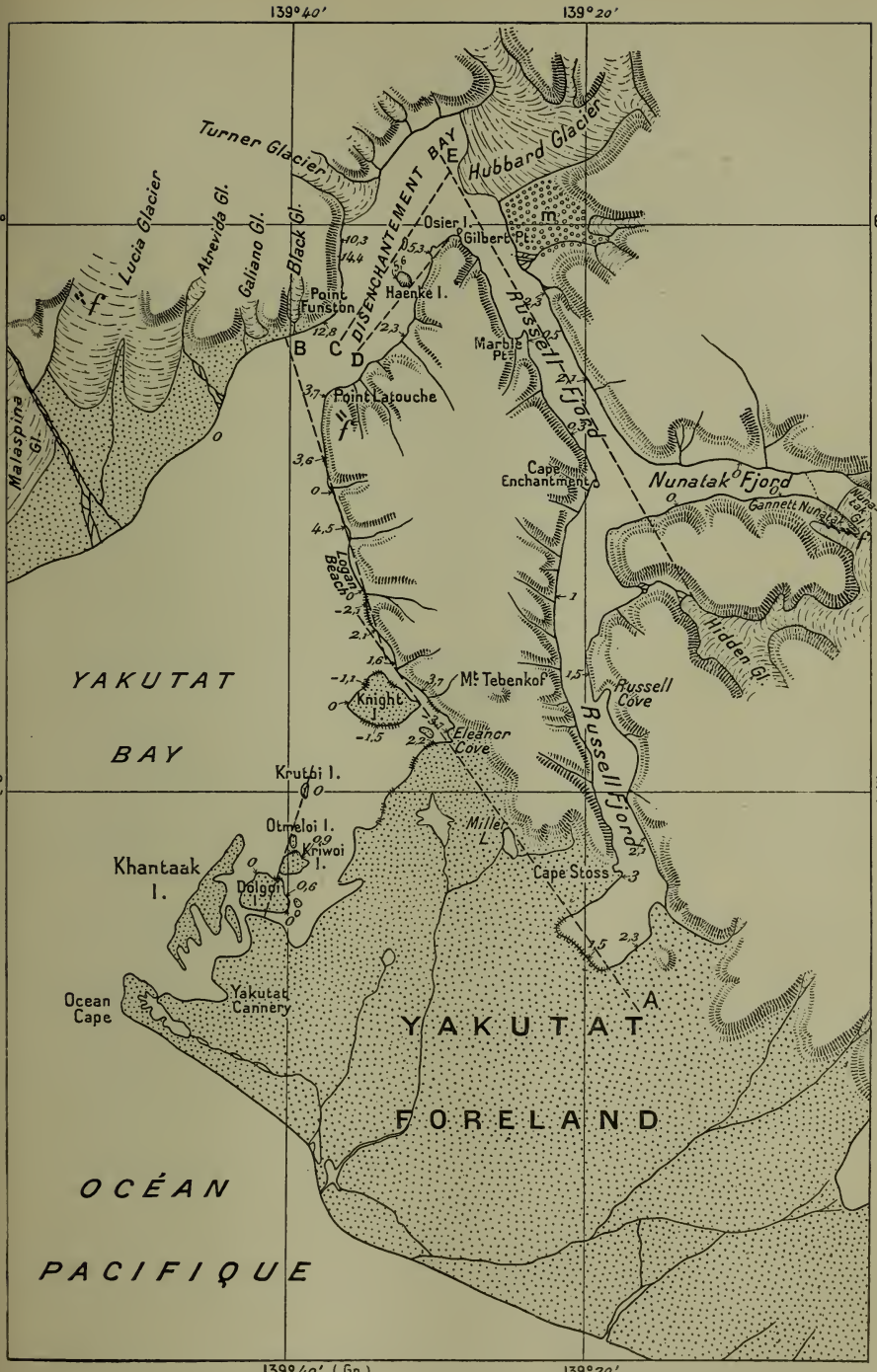


Fig. 269. — Failles récentes de la Baie de Yakutat (Alaska), d'après Ralph S. Tarr et Lawrence Martin (*Bull. Geol. Soc. of America*, XVII, 1905, p. 54, pl. 23).

suivant la direction S.E., laquelle correspond presque, mais pas tout à fait, à la limite occidentale du batholithe (fig. 270). La connaissance de l'archipel a fait de très grands progrès, au Nord de 57°, grâce aux travaux de Spencer sur le district aurifère de Juneau et à ceux de C.W. Wright sur l'Ile de l'Amirauté, et dans le Sud, entre 56° et 55° environ, grâce à la description du district de Ketchikan (Ile Revillagigedo), due à Brooks [1]. Dans l'ensemble, les résultats suivants sont probablement très voisins de la vérité.

Spencer regarde le batholithe comme formé par la juxtaposition de plusieurs masses distinctes; il en désigne les roches tantôt sous le nom de granite, tantôt sous celui de diorite (diorite quartzifère, etc.). Le bord occidental est marqué par des phénomènes de contact, et aussi par des gîtes métallifères; des filons-lits s'intercalent souvent dans cette zone, et quelques-uns deviennent de véritables bandes de hornblende. Dans le Nord apparaissent encore, à l'intérieur de cette zone, des fossiles du Carbonifère, probablement du Carbonifère supérieur [2]. Cette zone tout entière plonge vers le N.E. *sous la granodiorite*, et il en va de même dans le Nord pour tous les sédiments sur une largeur de 16 à 22 kilomètres; puis, à une plus grande distance, le plissement apparaît. On a trouvé dans les plis, au Sud de l'Ile de l'Amirauté, des fossiles du Carbonifère supérieur ou du Permo-Carbonifère, et, sur plusieurs points, du Carbonifère inférieur; le long de la côte occidentale du Détroit de Chatham, outre des fossiles du Carbonifère inférieur, on en a recueilli d'autres appartenant au Silurien supérieur. Des calcaires, dans l'Ouest de Baranof, sont également considérés comme siluriens. Ces terrains

1. A. C. Spencer, *The Juneau Gold Belt, Alaska*, and C. W. Wright, *A Reconnaissance of Admiralty Island, Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 287, 1906, 161 p., 27 pl. dont 1 carte géol.); A. H. Brooks, *Preliminary Report on the Ketchikan Mining District, Alaska, with an Introductory Sketch of Southeastern Alaska* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. n° 1, 1902. In-4°, 120 p., 2 pl. cartes géol., en particulier p. 14 et suiv.). [Voir aussi C. W. Wright, *Nonmetalliferous Mineral Resources of Southeastern Alaska* (U. S. Geol. Survey, Bull. 314, 1907, p. 73-81), et *The Building Stones and Materials of Southeastern Alaska* (Ibid., Bull. 345, 1908, p. 116-126); C. W. Wright and Sidney Paige, *Copper Deposits on Kasaan Peninsula, Prince of Wales Island* (Ibid., Bull. 345, 1908, p. 98-115, 1 carte dans le texte); F. E. Wright and C. W. Wright, *The Ketchikan and Wrangell Mining Districts, Alaska* (Ibid., Bull. 347, 1908, 210 p., 12 pl. dont 1 carte géol. générale et 2 cartes géol. à 1 : 250 000, 23 fig.); Ad. Knopf, *Geology of the Berners Bay Region, Alaska* (Ibid., Bull. 446, 1911, 58 p., 2 pl. dont 1 carte géol., 4 fig.).]

2. Pour l'existence d'une zone marginale basique, voir aussi F. E. and C. W. Wright, *Lode Mining in Southeastern Alaska* (*in* A. H. Brooks and others, *Report on Progress of Investigations of Mineral Resources of Alaska in 1905*; U. S. Geol. Survey, Bull. n° 284, 1906, p. 30-54, pl. XI : carte géol.) [et les notes suivantes de C. W. Wright, *Lode Mining in Southeastern Alaska* (Ibid., Bull. 314, 1907, p. 47-72, pl. III : carte; Bull. 345, 1908, p. 78-97, pl. II : carte géol.); *Mining in Southeastern Alaska* (Ibid., Bull. 379, 1909, p. 67-86, pl. II et III : cartes géol.); Ad. Knopf, *Mining in Southeastern Alaska* (Ibid., Bull. 442, 1910, p. 133-143).] — Pour la distribution des faunes paléozoïques, voir E. M. Kindle, *Notes on the Paleozoic Faunas and Stratigraphy of Southeastern Alaska* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 314-337, 2 cartes et 4 fig. dans le texte); leur cachet européen est très frappant.

représentent vraisemblablement la continuation des lambeaux paléozoïques de la Glacier Bay (58° 40′). Des roches intrusives, sous forme de multiples bandes allongées, pénètrent dans les îles, par exemple dans Chichagof et aussi dans le Sud de l'archipel.

Sur cette série plissée, très régulièrement dirigée vers le S.E., repose en discordance, quoique également plissé, le Néocomien à Aucelles. Une bande de ce genre, pincée dans les terrains antérieurs, affleure au Nord-Ouest de Juneau et est connue jusque dans le Sud de l'Ile de l'Amirauté.

Malgré la diversité du relief, la grande constance de leur direction indique que toutes les montagnes, depuis le cours inférieur de la Rivière du Cuivre jusqu'au delà de 55°, en passant par le Saint-Élie, doivent être regardées comme un élément homogène.

Le chevauchement vers le Sud-Ouest qui caractérise le Saint-Élie affecte aussi le batholithe, au moins dans sa moitié septentrionale. Ceci explique que les roches prennent par places une texture gneissique. Le Cénomanien, au contraire, est horizontal, et le liséré tertiaire externe, pétrolifère et plissé, du Saint-Élie n'est pas encore connu dans l'archipel, ce qui semblerait indiquer que le vrai prolongement du Saint-Élie doit être cherché sous l'Océan.

Dans le fossé des Monts Wrangell nous est apparue une série particulière, débutant par les roches vertes de Nikolai et le Carbonifère supérieur, se continuant par des terrains mésozoïques, avec discordance à la base du Néocomien, et associée à des volcans et de la granodiorite. Nous avons considéré cette série stratigraphique comme caractérisant les Montagnes Intermédiaires. Tandis qu'elles se continuent par les Monts Skolai jusque dans l'Archipel Alexandre, le terme occidental, la Chaîne du Saint-Élie, se perd; elles atteignent alors une très grande largeur, tandis que les Montagnes Rocheuses se poursuivent beaucoup plus loin vers le Sud et sont plissées en sens contraire, vers l'Est.

Tandis que, de cette façon, les dernières traces d'une influence asiatique disparaissent, à l'Ouest, on voit apparaître dans les Iles de la Reine-Charlotte la disposition des chaînes en coulisses obliques qui va désormais, jusqu'à une grande distance au Sud, déterminer le tracé de la côte occidentale de l'Amérique.

IV. — Continuation des Montagnes Intermédiaires.

La Chaîne de Vancouver. — Les observations de Dawson permettent de distinguer ici trois régions, qui se succèdent du Nord au Sud : la première est représentée par l'Ile Graham, dans l'Archipel

FIG. 270. — Géologie de la Côte Sud-Est de l'Alaska (Archipel Alexandre), d'après C. W. Wright (*U. S. Geol. Survey, Bull. n° 345*, 1908, pl. II).

1. Terrains paléozoïques (calcaires, schistes, phyllades et roches éruptives intercalées); 2. Terrains mésozoïques (grauwackes, schistes ardoisiers, conglomérats, andésites et tufs); 3. Roches intrusives de la Chaîne Côtière (granite, granodiorite et diorite); 4. Terrains tertiaires (grès, conglomérats et laves rhyolitiques); 5. Laves et tufs basaltiques récents. — Échelle de 1 : 3 500 000 environ.

de la Reine-Charlotte; la deuxième est une zone crétacée très longue, qui part du Skidegate Inlet; la troisième comprend tout le Sud de l'archipel et Vancouver, et constitue une chaîne particulière, la Chaîne de Vancouver [1].

Quelques îlots de porphyre trachytique, accompagnés par une bordure de couches crétacées à Inocérames, constituent la pointe Nord-Ouest de l'Ile Graham. Vient ensuite une large plaine tertiaire et post-tertiaire, avec quelques sommets plus élevés de roches éruptives tertiaires. Sur la côte septentrionale, on voit, comme sur tant de points des côtes septentrionales du Pacifique, du Tertiaire marin reposant sur des couches lignitifères [2].

Cette plaine est limitée au Sud par une bande crétacée qui, traversant l'archipel en écharpe vers le S.E., embrasse la plus grande partie du Skidegate Inlet, et dont le bord méridional atteint la côte Est au voisinage de 53°. C'est le début d'une longue série de lambeaux crétacés qui, tantôt étroitement pincés, tantôt affaissés en *graben*, et presque toujours suivant la direction S.E., sont connus au Queen Charlotte Sound, sur la côte orientale de Vancouver, dans le Golfe de Georgie, dans le Détroit de Juan de Fuca et plus loin encore au S.E., soit au total sur plus de six degrés de latitude. Des veines de charbon apparaissent assez souvent [3].

Au Nord, dans l'Archipel de la Reine-Charlotte, la série stratigraphique débute par l'étage de Knoxville (Néocomien), qui, comme dans l'Alaska, est séparé de son soubassement par une discordance; cet étage atteint Vancouver, et l'on en a rencontré des traces à Seattle (Washington). Plus au Sud, les niveaux supérieurs du terrain crétacé

1. G. M. Dawson, *Report on the Queen Charlotte Islands* (Geol. Survey of Canada, Rept. of Progress, 1878-79, part B, 239 p., 15 pl., 2 cartes géol., 1880 [la carte géol. jointe à ce mémoire a été reprod. dans les Petermanns Mittheil., XXVII, 1881, pl. 16)], et *Report on a Geological Examination of the Northern Part of Vancouver Islands and adjacent Coasts* (Id., Ann. Rept., new ser., II, 1886, part B, 129 p., 1 pl., 1 carte géol.).

[2. R. W. Ells, *Report on Graham Island, B. C.* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XVI, 1904, part B, 46 p., 2 cartes géol.).]

3. Pour le Puget Sound, voir J. P. Kimball, *Physiographic Geology of the Puget Sound Basin* (Amer. Geologist, XIX, 1897, p. 225-237, 304-322, pl. XII, XIX); Bailey Willis, *Some Coal Fields of Puget Sound* (18th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1896-97, part 3, p. 393-436, pl. LII-LXVIII, dont 3 cartes). [Voir aussi le *Geologic Atlas of the United States*, folio 54 (*Tacoma*), 1 : 125 000, avec notice explicative par Bailey Willis et G. O. Smith, 1899; Warren Upham, *Fjords of Puget Sound and the Saguenay* (Science, New York, new ser., XXVII, 1908, p. 732-733); A. B. Reagan, *Some Geological Studies of Northwestern Washington and adjacent British Territory* (Trans. Kansas Acad. Sc., XX, pt. 2, 1907, p. 95-121, 2 pl., 2 cartes), et *Die Fossilien der Clallamformation mit denjenigen der Tertiärformationen in Vancouver-Insel und mit denjenigen der Astoria-Miocänformation in Oregon verglichen* (Centralblatt f. Min., etc., 1910, p. 646-651); J. Harlen Bretz, *Glacial Lakes of Puget Sound, Preliminary Paper* (Journ. of Geol., XVIII, 1910, p. 448-458, 1 carte dans le texte), et *The Terminal Moraine of the Puget Sound Glacier* (Ibid., XIX, 1911, p. 161-174, 1 carte dans le texte).]

sont transgressifs, et présentent des caractères littoraux et finalement saumâtres. Les couches de houille du Puget Sound, qui appartiennent au moins en partie à l'époque de Laramie, sont beaucoup plus récentes que celles des Iles de la Reine-Charlotte. A mesure que la transgression s'accentue, des espèces indiennes et européennes apparaissent. L'étage de Knoxville, avec ses Aucelles, a encore un cachet nordique. L'étage de Horsetown, qui vient ensuite, renferme dans ses niveaux supérieurs *Schloenbachia inflata* et *Lytoceras Sacya*; l'étage de Nanaimo, qui le surmonte, contient, d'après Whiteaves et Kossmat, des espèces du groupe indien d'Ariyalur et du Sénonien de Sakhalin [1]. Aux Iles de la Reine-Charlotte, le niveau à *Schloenbachia inflata* est surmonté par un conglomérat puissant, puis par des marnes et des grès à *Inoceramus labiatus*.

Mais, tandis que le Crétacé s'avance de proche en proche en venant du Nord, c'est visiblement à partir du Sud que l'Éocène marin parvient au Puget Sound et y pénètre dans le domaine du Crétacé supérieur saumâtre, à peu près comme, sur une moindre échelle, le Crétacé de la Bohême, à partir du Nord, puis le deuxième étage méditerranéen du Bassin de Vienne, à partir du Sud, pénètrent dans le sillon de Brünn.

Au Sud-Ouest de la zone crétacée se trouve la Chaîne de Vancouver. La partie méridionale de l'Archipel de la Reine-Charlotte est montagneuse (1 500 m.), comme Vancouver. D'un côté comme de l'autre, on n'a encore trouvé, à part des traces douteuses du Carbonifère, que des fossiles du Trias. Les montagnes sont formées de schistes à bancs calcaires, accompagnés de nappes puissantes de diabase ou de diorite. Le Trias offre la même constitution que sous les hautes latitudes boréales, aux sources de l'Indighirka. Cette bande triasique semble s'étendre du Détroit de Juan de Fuca jusqu'à la latitude du Skidegate Inlet, c'est-à-dire de 48° 30′ à près de 53° 30′; elle présente régulièrement la direction N. 35° W. et, dans le Nord, s'infléchit un peu plus vers l'W. Dans le Skidegate Inlet règne même, sur une assez grande distance, la direction N. 67° W., presque comme si l'inflexion de Chugatch tendait à se reproduire à une pareille distance au Sud.

Les îles du Golfe de Georgie, telles que Texada, etc. [2], accusent des

1. F. Kossmat, *Die Bedeutung der Südindischen Kreideformation...* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIV, 1894, p. 471 et suiv.); et J. F. Whiteaves, *On some additional Fossils from the Vancouver Cretaceous, with a revised List of the Species therefrom* (Geol. Survey of Canada. Mesozoic Fossils, I, part 3, 1903, p. 309-415, pl. 40-51, fig. 15-27).

[2. R. P. D. Graham, *On a Preliminary Survey of the Geology of the British Columbia Coast from Kingcome Inlet to Dean Channel, including the Adjacent Islands* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1908, p. 38-40); R. G. Mc Connell, *Northwestern Portion of Texada Island* (Ibid., p. 46-50); O. E. Leroy, *Preliminary Report on a Portion of the Main Coast of British*

rapports étroits entre la bordure du grand batholithe et des roches qui, encore qu'avec doute, sont assimilées à celles de Vancouver. Quant à Vancouver même, Dawson a trouvé dans l'Est de l'île une large ceinture intrusive qui englobe d'innombrables débris des roches encaissantes, et, aussi bien au Sud que le long de la côte occidentale, on voit apparaître des intrusions récentes de roches granitiques[1]. L'intérieur de l'île est inconnu.

S'il est permis de conclure, ce ne peut-être que dans ce sens, que la Chaîne de Vancouver n'est pas la continuation de l'Archipel Alexandre, mais qu'elle constitue, à l'Ouest du grand batholithe, une chaîne analogue aux Montagnes Intermédiaires. Elle n'a de commun avec les îles de l'Archipel Alexandre que la transgression discordante du Néocomien.

Plateau Intérieur. — Cette zone, située à l'Est du grand batholithe, forme, d'après G. M. Dawson, une bande longue de 800 kilomètres du N.W. au S.E., large de 160 kilomètres environ, et haute en moyenne de 3 500 pieds [1 000 à 1 100 m.], plus élevée d'ailleurs dans le Sud que dans le Nord. Au milieu et presque jusqu'aux deux bords, elle consiste en larges plateaux, séparés par des vallées d'érosion profondes et formés par deux séries très puissantes de laves et de cendres. Dans la partie méridionale, jusqu'un peu au delà de 51° 15′, où l'exploration a fait le plus de progrès, Dawson distingue : le plateau volcanique supérieur, dont les grandes lignes horizontales ferment l'horizon, et sur lequel s'élèvent des hauteurs isolées, dispersées un peu partout, représentant les anciens orifices éruptifs; au-dessous de ce plateau, des dépôts miocènes d'eau douce, qui reposent eux-mêmes sur la nappe volcanique inférieure, sous laquelle affleurent d'autres dépôts d'eau douce probablement oligocènes[2].

Cette superstructure tertiaire repose horizontalement sur les terrains des Montagnes Intermédiaires, plissés suivant la direction N.N.W.,

Columbia and Adjacent Islands, included in New Westminster and Nanaimo Districts. In-8°, Ottawa, 1908, 56 p., 6 pl., 1 carte géol. à 1 : 253 440 (Geol. Survey of Canada).]

1. A. Webster, *Geology of the West Coast of Vancouver Island* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., XV, 1902-3, part A, p. 54-76), et E. Haycock, *Geology of the West Coast of Vancouver Island* (Ibid., p. 76-92, en particulier p. 84. [Voir aussi C. H. Clapp, *South-Eastern Portion of Vancouver Island* (Summary Report for 1908, p. 52-60), et *Southern Vancouver Island* (Ibid. for 1909, p. 84-97).]

2. G. M. Dawson, *Geological Record of the Rocky Mountain Region in Canada.* Address of the President (Bull. Geol. Soc. of America, XII, 1901, p. 57-92); pour les détails, voir le même, *Report on the Area of the Kamloops Map-sheet, British Columbia* (Geol. Survey of Canada, Ann. Rept., new ser., VII, 1894, part B. 427 p., 7 pl., 2 cartes, 1897). [Voir aussi R. W. Ells, *Nicola Coal-Basin, B. C.* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1904, p. 42-74, 1 carte géol. hors texte).]

et dont elle recouvre les inégalités de relief. Sur le bord occidental, du côté du batholithe, on rencontre, comme nous l'avons vu, du Carbonifère supérieur et du Trias, et aussi l'étage discordant de Knoxville; sur le bord oriental, du côté des gneiss du Gold Range (Montagnes Rocheuses), on ne connaît jusqu'à présent que du Trias; les listes de fossiles ne permettent pas de trancher la question de savoir si le Lias y existe également. Des masses très considérables de roches volcaniques, principalement de la diabase, accompagnent le Carbonifère supérieur et le Trias.

Ces plateaux comprennent encore de vastes étendues inexplorées, et la limite orientale du batholithe, en particulier, pourrait nous réserver bien des surprises. Dans la vallée de la Telkwa (55°), Leach a rencontré, à l'Est du batholithe, des masses volcaniques (crétacées?) très épaisses, surmontées par des couches contenant de la houille, elles-mêmes traversées par des filons; le tout, par opposition aux plateaux, étant violemment plissé [1].

Coupe transversale par 49° de lat. N. — Cette ligne, qui marque la frontière entre les États-Unis et le Canada, a été l'objet d'une étude particulièrement attentive de la part des géologues des deux nations, en vue de déterminer le degré de concordance que présentent le Nord et le Sud. Bien que l'unité tectonique des éléments principaux soit désormais hors de doute, il est apparu clairement que souvent, les divisions orographiques ne coïncident pas avec les divisions tectoniques.

Dans le Washington et l'Orégon, l'expression de *Coast Range* s'applique à la Chaîne volcanique récente des Cascades, qui est aussi différente de la Chaîne Côtière de Colombie que de celle de Californie. Si maintenant l'on cherche à déterminer l'acception des mots « Chaîne des Cascades », on s'aperçoit qu'ils ont été étendus vers le Nord, dans le prolongement des directions orographiques, à des montagnes de nature différente. Les *Monts Hozomeen*, qui descendent par 121°4′ sur la vallée du Skagit, sont considérés comme l'arête maîtresse de la Chaîne des Cascades, au Nord, et les *Monts Okanagan*, à l'Est des précédents, comme une chaîne subordonnée. La première chaîne est formée par une bande de couches mésozoïques, fortement redressées et dirigées du Nord au Sud; la seconde est constituée par des roches intrusives diverses (fig. 271) [2].

1. W. W. Leach, *The Telkwa Mining District, B. C.* (Geol. Survey Dept. of Canada, Summary Report for 1906, p. 35-42). [Voir aussi le mémoire du même auteur : *The Telkwa River and Vicinity, B. C.* In-8°, 23 et 4 p., carte géol. hors texte à l'échelle de 2 milles au pouce et coupe, Ottawa, 1907 (Geol. Survey of Canada).]

2. G. O. Smith and F. C. Calkins, *A Geological Reconnaissance across the Cascade Range near the Forty-Ninth Parallel* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 235, 1904, 103 p., 4 pl. dont 1 carte géol.).

A l'Est des Monts Okanagan vient une région que l'on désigne sous le nom de Plateau Intérieur; c'est la continuation naturelle du haut pays étudié précédemment sous ce nom; mais le géologue qui connaît le mieux ces reliefs, Daly, fait remarquer qu'il n'existe ici de plateau d'aucune sorte, et que par conséquent cette appellation est incorrecte.

Or, c'est la limite tectonique la plus importante, celle qui court du côté des Montagnes Rocheuses, qui ressort avec le moins de netteté.

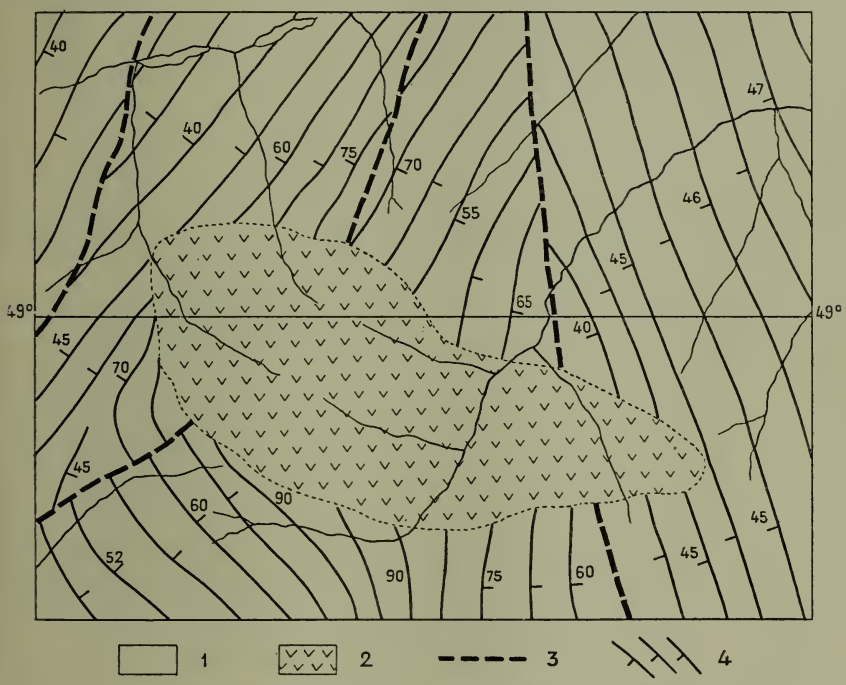


Fig. 271. — Massif granodioritique de Castle Peak (Monts Okanagan, 49e parallèle), d'après R. A. Daly (*Bull. Geol. Soc. of America*, XVII, 1906, p. 364, fig. 7).

1. *Pasayten Formation* (Infracrétacé); 2. Granodiorite; 3. Failles; 4. Direction et inclinaison des couches (les chiffres indiquent le plongement en degrés). — Échelle de 1 : 120 000.

Au point de vue tectonique, on ne peut distinguer que deux groupes principaux : les Montagnes Intermédiaires, caractérisées par la série des terrains qui débute avec le Carbonifère supérieur, par des granodiorites et des volcans; — et les Montagnes Rocheuses, avec leurs gneiss et une série puissante appartenant au Paléozoïque ancien. En adoptant les divisions orographiques de Daly (fig. 272) [1], il faut comprendre dans

1. R. A. Daly, *The Nomenclature of the North American Cordillera between the 47th and 53d Parallels of Latitude* (Geogr. Journal, London, XXVII, 1906, p. 586-606, carte de la p. 588 [reprod. ci-après, p. 1197, fig. 272]); et *The Okanagan Composite Batholith of the Cascade Mountain System* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 332, fig. 1).

les Montagnes Intermédiaires : Vancouver, la Chaîne Côtière, la Chaîne des Cascades, le Plateau Intérieur et une partie du Système de la Columbia; — et, dans les Montagnes Rocheuses : le reste du Système de la Columbia, les Monts Selkirk et Cœur d'Alène, les Monts Purcell, et les Montagnes Rocheuses (au sens restreint).

Les travaux de Daly [1] indiquent comme formant le soubassement de la chaîne, au point où le prétendu Coast Range franchit le 49e parallèle, au Sud du coude du Fraser, des calcaires à Crinoïdes très épais, plissés, et des roches profondément modifiées. De là jusqu'au Similkameen et aux Monts Hozomeen, Daly et aussi Camsell [2] signalent des roches métamorphiques qui prennent parfois un aspect très ancien, puis les granodiorites et les formations connexes, des paquets de Crétacé inférieur, des laves récentes et des couches tertiaires. Les Monts Hozomeen, qui constituent, comme nous l'avons dit, un chaînon mésozoïque fortement redressé, dirigé du N. au S., ont leur point culminant (9 000 pieds [2 740 m. environ]) juste au-dessus de l'endroit où le Skagit franchit la frontière.

Sur le Pasayten (affluent de droite du Similkameen), on aperçoit, sous une couverture discordante de Crétacé inférieur, un groupe complexe de roches intrusives, qui se poursuivent vers l'Est, le long du 49e parallèle, jusqu'au Lac Ossoyoos (119° 30′ de long. W.), c'est-à-dire sur 90 ou 100 kilomètres. Ces roches font partie des *Monts Okanagan*. Daly en a fait l'objet d'un travail instructif. Sept intrusions, échelonnées depuis le Carbonifère (?) jusqu'à une époque tardive des temps tertiaires, ont donné naissance à un batholithe « composite » (fig. 273), où les roches se succèdent par ordre de densité décroissante et d'acidité croissante, du gabbro (dens. 2,959) et de la dunite (dens. 3,173) au granite (dens. 2,608). La pénétration s'est faite par digestion des roches encaissantes [3].

1. R. A. Daly, *The Geology of the Region adjoining the Western Part of the International Boundary* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1901; Ann. Rept., new ser., XIV, part A, p. 39-51); *Geology of the Western Part of the International Boundary, 49th Parallel* (Id. for 1902, Ibid., XV, part A, p. 136-149; Id. for 1903, Ibid., part AA, p. 91-108).

2. Ch. Camsell, *The Similkameen District, B. C.* (Geol. Survey Dept. of Canada, Summary Report, 1906, p. 43-55). [Voir aussi le mémoire détaillé du même auteur : *Preliminary Report on a Part of the Similkameen District, British Columbia.* In-8°, 41 p., 1 carte géol. hors texte, Ottawa, 1907 (Geol. Survey of Canada).]

3. R. A. Daly, *The Okanagan Composite Batholith of the Cascade Mountain-System* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 329-376, 14 fig.).

LÉGENDE DE LA FIGURE 272.

Ia. Chaîne de Vancouver; Ib. Chaîne Côtière de Colombie. — IIa. Monts Olympiques; IIb. Chaîne des Cascades. — IIIa. Plateaux Intérieurs; IIIb. Plaines de lave de la Columbia. — IVa. Monts Caribou, etc.; IVb. Monts de la Columbia; IVc. Monts Selkirk; IVd. Monts Purcell; IVe. Monts Cœur d'Alène, Cabinet, Flathead, etc. — V. Montagnes Rocheuses. — VI. Grandes Plaines. — Échelle de 1 : 6 000 000.

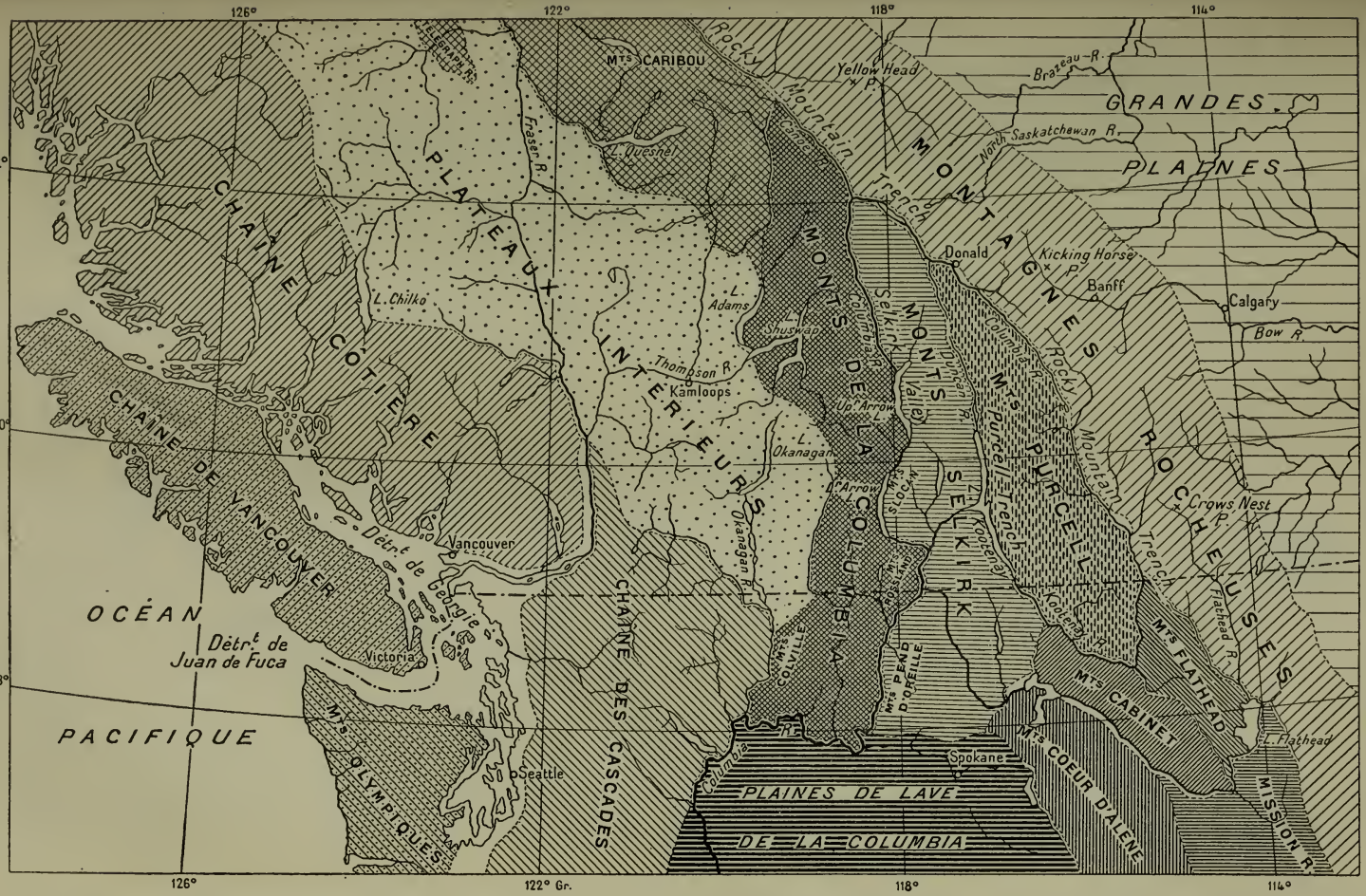


FIG. 272. — Divisions orographiques de l'Ouest Canadien au voisinage du 49e parallèle, d'après R. A. Daly (*Geographical Journal*, London, XXVII, 1906, p. 588).

Nous avons ici une description précise de l'une des grandes masses qui portent aujourd'hui le nom collectif de granodiorite. Les observations de Brock dans la région minière du Kettle River, qui vient ensuite à l'Est, et aussi au voisinage de Rossland, nous apprennent que des intrusions semblables se répètent jusqu'à la Columbia [1]. En même temps se montrent des affleurements de plus en plus étendus de roches que l'on pourrait regarder comme archéennes. Même plus à l'Ouest, elles ne font pas défaut, mais les observateurs font généralement des réserves sur la question de savoir si ce ne sont pas des sédiments modifiés au contact. A partir du voisinage du Lac Christina (118° 15′), des granites apparemment plus anciens s'intercalent dans la série; ils font place vers le Nord, pour autant que les faits sont connus, à une vaste expansion de

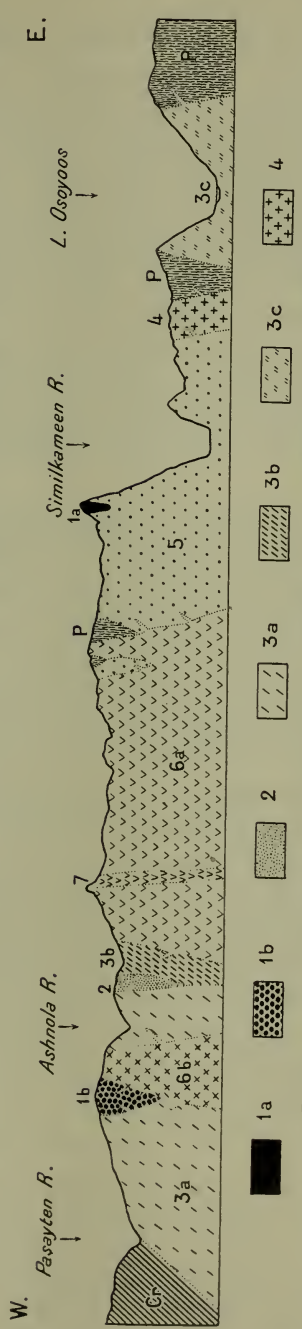


Fig. 273. — Coupe schématique du batholithe composite d'Okanagan, le long du 49e parallèle, d'après R. A. Daly (*Bull. Geol. Soc. of America*, XVII, 1906, p. 334, fig. 2).

1a. Péridotite de Chopaka; 1b. Complexe basique; 2. Gabbro de l'Ashnola; 3a. Batholithe de Remmel (granodiorite), phase occidentale; 3b. D°, phase orientale; 3c. Batholithe d'Osoyoos (granodiorite); 4. Noyau alcalin de Kruger (syénites à néphéline, etc.); 5. Batholithe du Similkameen (granite); 6a. Batholithe de Cathedral Peak (granite à gros éléments), phase ancienne; 6b. Culot granitique de Park Mountain; 7. Batholithe de Cathedral Peak, phase récente; P. Schistes et quartzites paléozoïques; Gr. Grès et arkoses de Pasayten (Infracrétacé). — Échelle des longueurs 1 : 600 000; les hauteurs sont exagérées 5 fois.

1. R. W. Brock, *Preliminary Report on the Boundary Creek District, British Columbia* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1902; Ann. Rept., new ser., XV, part A, p. 92-138); et *On Operations in the Rossland, B. C., Mining District* (Ibid., Summary Report for 1906, p. 56-65). [Voir aussi R. W. Brock, *Preliminary Report on the Rossland, B. C., Mining District*. In-8°, 40 p. Ottawa, 1906 (Geol. Survey of Canada). Consulter, en outre, J. B. Umpleby, *Geology and Ore Deposits of Republic Mining District, Washington* (Washington Geol. Survey, Bull. n° 1, 67 p., 13 pl., 1910).]

gneiss, de schistes à biotite, etc. Les montagnes sont élevées (Mont Gladsheim dans les Monts Walhalla, 49°46′ et 117°36′, 2826 m.) : c'est le *Gold Range*, qui est regardé ici comme faisant partie des Montagnes Rocheuses. Il n'est séparé des Montagnes Intermédiaires par aucune fracture d'importance notable. Quant aux intrusions, on a déjà dit qu'elles ne faisaient pas défaut; mais on voit apparaître aussi des masses andésitiques, et, sur quelques points, par exemple aux sources de la branche septentrionale du Kettle River (49°36′, 118°20′), ces andésites reposent sur des grès et des alluvions fluviales d'âge probablement tertiaire. Elles peuvent être considérées ici, où elles s'adossent au Gold Range, comme des dépendances du Plateau Intérieur. Lambe a montré que les restes de Poissons du genre *Amyzon*, signalés par Cope dans le Nevada et le Colorado, se retrouvent jusqu'au delà de 52° (Horsefly) et révèlent l'existence d'une vaste nappe d'eau douce oligocène[1].

Entre 117°30′ et 117°15′, on rencontre le long du 49e parallèle les puissants sédiments précambriens et cambriens qui forment la plus grande partie des Montagnes Rocheuses sous ces latitudes. Les sommets dépassent généralement 2000 mètres, et présentent des profils aigus, en dents de scie : c'est le *Selkirk Range*[2].

Daly parvint d'abord dans une zone de conglomérats grossiers, d'arkoses, de brèches et épanchements volcaniques, de quartzites, grès et schistes, avec de rares intercalations de calcaires cristallins. Cette zone forme le *Quartzite Range* et est *complètement déversée vers l'Ouest*; la direction est N.-S., l'inclinaison, 70° à 85° E. Des décrochements et des surfaces de chevauchement traversent ces couches épaisses qui, sur le Priest River (116°56′), reposent en discordance sur des schistes cristallins accompagnés de puissantes intercalations amphiboliques et d'un batholithe granitique. Cette zone ancienne s'étend jusqu'au voisinage du Kootenay River. Elle est tranchée à l'Est par une fracture, le long de laquelle d'autres quartzites puissants, gris, en bancs épais, se sont affaissés.

Avec ces quarzites commence la série stratigraphique de la coupe, précédemment décrite, passant par 51° et 51°30′; après un synclinal que l'on croit déversé vers l'Ouest, cette coupe se termine par les grands

1. L. M. Lambe, *Note on the Age of the Horsefly, Similkameen and Tranquille Tertiary Beds of the Southern Interior of British Columbia* (Geol. Survey of Canada, Summary Report for 1905, p. 137-138). [Voir aussi Ant. Handlirsch, *Canadian Fossil Insects, 5. Insects from the Tertiary Lake Deposits of the Southern Interior of British Columbia, collected by Mr.* Lawrence M. Lambe *in 1906* (Geol. Survey of Canada, Memoir 12 : Contributions to Canadian Paleontology, vol. II, part 3, p. v-viii, 93-129, 36 fig., 1910).]

[2. Sur ce point, voir le rapport de R. A. Daly, *Geology of the Western Part of the International Boundary* (Summary Report for 1904, p. 91 et suiv.), et la carte du District Occidental de Kootenay par McConnell et Brock, 1904. [Voir, sur le Selkirk Range, ci-dessus, p. 1163, note 1.]

chevauchements vers l'Est qui dominent dans toute la partie orientale des Montagnes Rocheuses.

La cassure du Kootenay amène Daly à se demander si le bassin allongé du Lac Kootenay est un fossé d'effondrement ou un sillon d'érosion. Sa profondeur (533 m.) rend la première hypothèse vraisemblable. Bon nombre des autres lacs allongés, étroits, plus ou moins parallèles à la direction des couches et généralement orientés du N. au S., accusent des profondeurs du même ordre (Slocan, 536 m.; Lower Arrow Lake, 420 m.; etc.).

La Chaîne des Cascades (I, p. 800). — Une partie des montagnes qui ont reçu ce nom dans le Nord, les Monts Okanagan par exemple, n'est que le substratum démantelé de la chaîne importante de volcans récents qui porte le même nom dans le Sud.

A l'Ouest, les *Monts Olympiques*, qui se terminent au Cap Flattery, sont peu connus. Des rapports sur les forêts de cette région, qui est très boisée, attribuent 2 484 mètres au sommet central, le Mont Olympus. On n'y a trouvé que des blocs de granite, sans schistes ni porphyres. Mais comme on y a découvert de l'or et du cuivre en creusant le sol, on peut supposer qu'il existe des roches plus anciennes que ne l'indiquent les recherches d'Arnold sur les côtes, où ce géologue ne signale que du Jurassique (?), des grès crétacés très épais et du Tertiaire[1].

Revenons au point où le Skagit River, longeant l'abrupt occidental des Monts Hozomeen, traverse le 49e parallèle. A l'Ouest de la rivière se trouvent les *Monts Skagit*. Ils s'étendent au Sud de 49° et sont ensuite traversés de part en part par le Skagit. A l'Ouest, ils se terminent brusquement, par 122° environ, au-dessus de la plaine. Ils sont variés de forme et de constitution. On y connaît du granite, de l'andésite, du Jurassique (*Stephanoceras*, *Aucella*). Dans le Nord, on trouve la direction N. 30° W., puis, au Nord du Mont Shuksan, N. 40° W., et dans le Sud, N.-S. Au point où la Columbia tourne pour la deuxième fois vers le Sud, non loin de 120°, en marquant la limite des contreforts méridionaux des Monts Skagit du côté des coulées de lave. Bailey Willis et G. O. Smith ont observé des plissements très jeunes, intéressant jusqu'aux nappes basaltiques récentes, qui sont coupés transversa-

1. A. Dodwell and T. F Rixon, *Forest Conditions in the Olympic Forest Reserve, Washington* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. n° 7, 1902. In-4°, 110 p., 20 pl. dont 1 carte); R. Arnold, *Geological Reconnaissance of the Coast of the Olympic Peninsula, Washington* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 451-468, pl. 55-58, 4 fig. dont 2 cartes). [Voir aussi A. B. Reagan, *Some Notes on the Olympic Peninsula, Washington* (Trans. Kansas Acad. Sc., XXII, 1909, p. 131-238, 6 pl., 1 carte, 4 fig.); R. Arnold, *Notes on some Rocks from the Sawtooth Range of the Olympic Mountains, Washington* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser. XXVIII, 1909, p. 9-14).]

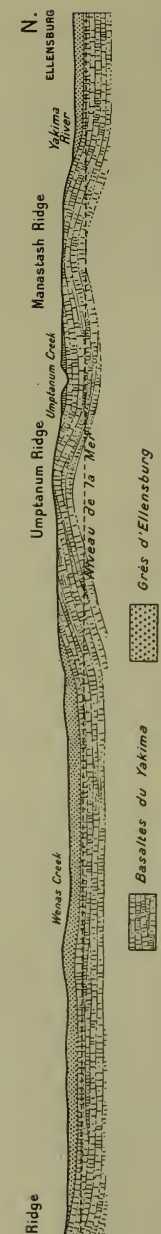


Fig. 274. — Coupe N.-S. le long du Yakima River (Washington), d'après G. O. Smith (*U. S. Geol. Survey, Professional Paper* n° 19, pl. VI, 1903). Échelle de 1 : 250 000 (longueurs et hauteurs).

lement par certaines rivières, le Yakima par exemple (fig. 274).

Un peu à l'Ouest, surmontant des reliefs qui appartiennent encore aux Monts Skagit, commencent les grands volcans des Cascades. Ils se continuent sur neuf degrés de latitude, du Mont Baker, au Nord, au Lassen Peak en Californie. La direction maîtresse est N.-S., S.S.E. dans le Sud. Des sédiments intercalés tendent à indiquer qu'il existe des épanchements éocènes; à l'époque miocène régna une activité intense; quelques cratères fument encore de nos jours [1].

Nombre de volcans, dans le Nord, sont posés sur le granite. Le *Mont Baker* (3 299 m.), qui vient d'être mentionné, au Nord du Skagit River, est un volcan andésitique, superposé à du granite de couleur claire. Au Sud-Est de celui-ci se trouve le *Glacier Peak* (3 172 m.), qui représente les ruines d'un volcan andésitique reposant également sur du granite. Le *Mont Stuart* (2 886 m). n'est pas un volcan, mais une montagne granitique. Plus au Sud, le cône du *Mont Rainier* (4 327 m.), d'après Russell et G. O. Smith, est constitué, jusqu'à l'altitude de 8 000 pieds (2 400 m. environ), par du granite blanc [2].

1. Bailey Willis, *Changes in River Courses in Washington Territory due to Glaciation* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 40, 1887, 10 p., 4 pl. cartes), et surtout G. O. Smith and Bailey Willis, *Contributions to the Geology of Washington* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. n° 19, 1903. In-4°, 101 p., 20 pl. dont 10 cartes), et G. O. Smith, *Anticlinal Mountain Ridges in Central Washington* (Journ. of Geol., XI, 1903, p. 166-177). Israel C. Russell (*A Geological Reconnaissance in Central Washington*; U. S. Geol. Survey, Bull. n° 108, 1893, 108 p., 8 fig., 12 pl. dont 2 cartes), a considéré les chaînons en question comme des voussoirs affaissés d'un seul côté; le même, *A Preliminary Paper on the Geology of the Cascade Mountains in Northern Washington* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 2, p. 83-210, pl. VIII-XX, dont 3 cartes); J. E. Spurr, *The Ore Deposits of Monte Cristo, Washington* (Id., 22d Ann. Rept., 1900-1901, part 2, p. 777-865, fig. 89-130, pl. LXXIX-LXXXII, dont 1 carte). [Voir aussi G. O. Smith, *Geology and Water Resources of a Portion of Yakima County, Wash.* (U. S. Geol. Survey, Water-supply and Irrig. Paper n° 55, 1901, 68 p., 7 pl. dont 1 carte géol., 8 fig.), et le folio 86 (*Ellensburg*) du *Geologic Atlas of the United States*, 1 : 125 000, avec notice explicative, par le même, Washington, 1903.]

2. Israel C. Russell, *Glaciers of Mount Rainier, with a paper on the Rocks of Mount Rainier by* G. Otis Smith (18th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1896-97,

On peut considérer comme certain que ces granites ne datent pas tous d'une époque reculée. Du grand batholithe auquel appartient le Mont Stuart et qui forme les âpres Wenache Mountains, on ne peut, il est vrai, dire qu'une chose : c'est qu'il est antérieur à l'Éocène ; mais plus à l'Ouest, un peu au Nord du chemin de fer qui traverse la Chaîne des Cascades pour atteindre Seattle, au *Snoqualmie Pass*, G. O. Smith et W. Mendenhall ont rencontré un grand batholithe d'âge miocène. Des schistes contenant des feuilles d'*Acer*, *Platanus* et *Cinnamomum* prennent, au contact, l'aspect de la cornéenne, en se chargeant d'épidote et de grenat, et aussi de tourmaline. La roche intrusive ressemble à un granite, mais il existe aussi de la diorite, sans qu'on puisse séparer les deux types l'un de l'autre. Des filons granitiques très riches en quartz percent les roches encaissantes ; *l'un de ces dykes pénètre dans une nappe de lave andésitique*[1].

En présence de ces faits, *toute limite disparaît entre les batholithes granitiques* ou granodioritiques *et les volcans andésitiques*. Le grand batholithe de la Colombie devient une cicatrice qui, jadis, portait peut-être des cônes volcaniques de cette catégorie.

Vers le Sud, les prolongements des Monts Skagit, puis les granites eux-mêmes, disparaissent. Au Sud de la Columbia, la haute chaîne compacte de laves et de déjections qui court à travers tout l'Orégon n'est interrompue par aucune vallée transversale. Vers 43° de lat. N., elle renferme le *Crater Lake* (1 901 m.), long de 9,9 kilomètres et large de 6,8, qui a pris naissance grâce à l'effondrement du volcan *Mazama*, dont les ruines se dressent encore aujourd'hui à 600 mètres au-dessus du lac[2].

part 2, p. 349-423, pl. LXV-LXXXII, dont 2 cartes). [Sur le Mont Rainier, sa structure et ses glaciers, voir le bel ouvrage de J. H. Williams, *The Mountain that was « God », being a little book about the Great Peak which the Indians called « Tacoma », but which is officially named « Rainier »*. In-8°, 111 p., nombreuses phot. et pl. en couleurs, Tacoma, 1910; J. N. Le Conte, *The Motion of the Nisqually Glacier, Mt. Rainier, U. S. A.* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, I, 1906, p. 192-199, 4 fig. dans le texte); et la carte spéciale levée par les topographes de l'U. S. Geol. Survey. Pour les autres volcans de la Chaîne des Cascades, consulter : H. F. Reid, *Studies of the Glaciers of Mount Hood and Mount Adams* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, I, 1906, p. 113-132, 5 fig. dont 2 cartes); H. A. Sylvester, *Is our Noblest Volcano awakening to New Life? A Description of the Glaciers and Evidences of Volcanic Activity of Mount Hood* (Nat. Geogr. Mag., XIX, 1908, p. 515-525, 1 carte, 1 coupe, 5 phot.); et l'ouvrage de J. H. Williams, *The Guardians of the Columbia, Mount Hood, Mount Adams, and Mount St. Helens*. In-8°, 142 p., nombreuses phot. et pl. en couleurs, Tacoma, 1913.]

1. G. O. Smith and W. C. Mendenhall, *Tertiary Granite in the Northern Cascades* (Bull. Geol. Soc. of America, XI, 1900, p. 223-230). [Voir aussi les folios 106 (*Mount Stuart*) et 139 (*Snoqualmie*) du *Geologic Atlas of the United States*, par G. O. Smith et F. C. Calkins, 1904-1906.]

2. J. S. Diller and H. B. Patton, *The Geology and Petrography of Crater Lake National Park* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. n° 3, 1902. In-4°, 167 p., 19 pl. dont 2 cartes). [Voir aussi J. S. Diller, *Geological History of Crater Lake, Crater Lake National Park*. In-8°, 31 p., 27 fig. Washington, Dept. of the Interior, 1912; et la carte topographique à 1 : 62 500 : *Crater Lake National Park*, publiée par l'U. S. Geol. Survey en 1911; Emm. de Margerie, *Deux accidents cratériformes : Crater Lake, Oregon, et Meteor Crater, Arizona* (Annales de Géogr., XXII, 1913, p. 172-184, fig. 1-3 : cartes).] Pour les intercalations miocènes, voir

A partir d'une grande distance à l'Est, à partir du Yellowstone, l'une des plus vastes régions d'épanchement de la Terre s'étend, comme l'on sait, sur toute la largeur du massif montagneux. Elle suit d'abord le Snake River, puis bientôt s'étale, embrasse au Nord les champs de lave de la Columbia, recouvre au Sud la plus grande partie de l'Orégon et des surfaces considérables dans l'Idaho [1], et pénètre dans la vaste région sans écoulement des Basin Ranges (I, p. 741).

Les descriptions des champs de lave de l'Orégon données par Russell sont instructives à divers égards. Les *Stein Mountains* (42° à 43° de lat. N., 118° à 119° de long. W., 9 000 pieds [2 700 m. environ]), situées dans le Sud-Est de l'Orégon, à la limite orientale de la région sans écoulement, représentent un voussoir de direction oblique, allongé vers le N.N.E. sur une longueur de 160 kilomètres; leur flanc oriental laisse affleurer, sur une falaise de 5 000 pieds de hauteur [1 500 m. environ], de nombreuses coulées de lave séparées par dix-sept intercalations de grès. Les centres éruptifs sont si nombreux dans certaines parties que l'on peut, d'un même point, en apercevoir à la fois jusqu'à cinquante [2].

Idaho. — Dans le Nord-Est de l'Orégon, on voit émerger des laves, avec des contours irréguliers, les *Blue Mountains*. D'après les descriptions de Lindgren, ce n'est pas une chaîne logée dans le coude du Snake River, comme la représentent certaines cartes, mais bien une partie des montagnes de l'Idaho occidental, qui en est séparée par le long canyon du Snake, sans toutefois s'en distinguer au point de vue tectonique. Cet ensemble se compose de plusieurs chaînons, reliés orographiquement par des laves. Les plus importants sont les *Elkhorn* et

J. S. Diller, *The Bohemia Mining Region of Western Oregon, with Notes on the Blue River Mining Region and on the Structure and Age of the Cascade Range* (20th. Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 3, p. 1-36); F. H. Knowlton, *Fossil Plants associated with the Lavas of the Cascade Range* (Ibid., p. 36-64, pl. I-VI). Voir aussi les travaux relatifs aux formations de John Day et de Payette. [Consulter, notamment, J. C. Merriam and W. J. Sinclair, *Tertiary Faunas of the John Day Region* (Bull. Dept. of Geol., Univ. of California, V, n° 11, 1907, p. 171-205; renferme une Bibliographie).]

[1. Voir I. C. Russell, *Geology and Water Resources of Nez Perce County, Idaho*, Parts I and II (U. S. Geol. Survey, Water-Supply and Irrig. Papers, n°s 53 and 54, 1901, 141 p., 10 pl. dont 1 carte géol., 14 fig.).]

2. Israel C. Russell, *Notes on the Geology of Southwestern Idaho and Southeastern Oregon* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 217, 1903, 83 p., 18 pl., dont 1 carte); et *Preliminary Report on the Geology and Water Resources of Central Oregon* (Ibid., n° 252, 1905, 138 p., 4 fig., 24 pl. dont 1 carte). [Voir aussi I. C. Russell, *A Reconnaissance in Southeastern Washington* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply and Irrig. Papers, n° 4, 1897, 96 p., 7 pl. dont 1 carte, 3 fig.), et *Preliminary Report on Artesian Basins in Southwestern Idaho and Southeastern Oregon* (Id., Ibid., n° 78, 1903, 53 p., 2 cartes, 3 fig.); G. A. Waring, *Geology and Water Resources of a Portion of South-Central Oregon* (Id., Ibid., n° 220, 1908, 86 p., 10 pl. dont 1 carte topogr., 1 carte géol. et 1 pl. de coupes), et *Geology and Water Resources of the Harney Basin Region, Oregon* (Id., Ibid., n° 231, 1909, 93 p., 5 pl. dont 1 carte topogr. et 1 carte géol.).]

les *Greenhorn Mountains*, à l'Ouest de Baker City; plus loin au Nord-Est se trouvent les *Eagle Creek Mountains*. Celles-ci présentent des contours arrondis, et atteignent 9 000 pieds [2 740 m. environ], les laves les enveloppant jusqu'à l'altitude de 4 000 ou 5 000 pieds [1 200 à 1 500 m. environ]. Les parties hautes des Elkhorn et des Greenhorn Mountains sont analogues. De petits dômes s'élèvent, comme des îles, du milieu des laves[1].

Au sein de ce système plissé, les fossiles ont permis de reconnaître la présence du Carbonifère supérieur (douteux), du Trias marin, avec en outre une trace de Lias à l'Ouest[2], et du Crétacé sur le John Day River. En un point des Elkhorn Mountains, Lindgren croit reconnaître du gneiss archéen. Le sombre canyon du Snake River a 5 000 pieds [1 500 m. environ] de profondeur. La moitié supérieure de la gorge est creusée dans du basalte, et la moitié inférieure dans des schistes noirs à Halobies, accompagnés, comme d'ordinaire, par des intercalations basiques. Il y a des points, sur le flanc occidental de la vallée, où les déluges de laves ont porté leurs rives jusqu'à 7 000 pieds [plus de 2 100 m.]. L'altitude de la rivière en amont du canyon, près de Weiser, est de 646 mètres.

Le résultat le plus remarquable des études de Lindgren est que, dans l'Idaho occidental, les montagnes sont traversées suivant la direction N.-S. par un batholithe intrusif de granodiorite post-triasique, large par endroits de plus de 150 kilomètres, et qui reproduit les caractères du batholithe de Colombie[3].

Ce batholithe apparaît pour la première fois, au Sud, dans la *South Mountain* (8 000 pieds [2 400 m. environ], vers 42° 45'). Il se continue au Nord, par Silver City, dans les *Monts Owyhee*, et son bord occidental est traversé par le Snake River au voisinage de Boisé City (à l'Ouest de 116°). Le bord oriental est situé bien plus à l'Est, et ses derniers affleurements s'étendent jusqu'au delà de Hailey (à l'Ouest de 114°). Plus au Nord, il forme dans sa partie orientale toute la chaîne des *Bitterroot Mountains*, jusqu'au Lolo Pass (46° 35'), où il rencontre les sédiments

1. W. Lindgren, *The Gold Belt of the Blue Mountains of Oregon* (22d Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1900-1901, part 2, p. 551-776, fig. 79-88, pl. LXIII-LXXVIII, dont 1 carte géol.).

2. A. Hyatt, *Trias and Jura in the Western States* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 400).

3. W. Lindgren, *The Gold and Silver Veins of Silver City, De Lamar and other Mining Districts in Idaho* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 3, p. 65-256, fig. 4-35, pl. VII-XXV, dont 5 cartes); le même, *A Geological Reconnaissance across the Bitterroot Range and Clearwater Mountains in Montana and Idaho* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. n° 27, 1904. In-4°, 123 p., 8 fig., 15 pl. dont 3 cartes; pour l'accident, voir p. 26, 47, 51). [Voir aussi le *Geologic Atlas of the United States*, folios 45 (*Boise*), 103 (*Nampa*), et 104 (*Silver City*), par W. Lindgren et N. F. Drake, 1898-1904; J. B. Umpleby, *An old Erosion Surface in Idaho : its Age and Value as a datum plane* (Journ. of Geol., XX, 1912, p. 139-147, 3 fig. dans le texte).]

anciens des Monts Cœur d'Alène, qui sont rattachés aux Montagnes Rocheuses. Il est donc connu sur près de quatre degrés de latitude. A l'Ouest, sa partie septentrionale disparaît sous les laves du Clearwater.

Partout où ses limites sont visibles, cette granodiorite apparaît comme intrusive. Près de Hailey, on a trouvé au voisinage du contact des fossiles du Carbonifère. Le canyon du Salmon River traverse ce batholithe dans toute sa largeur; plusieurs grands lambeaux de gneiss flottent en quelque sorte dans sa masse.

Sur le flanc oriental des Bitterroot Mountains, qui marque en même temps le bord oriental de la granodiorite mésozoïque, Lindgren décrit une faille N.-S., longue de plus de 90 kilomètres, d'une très grande amplitude verticale, mais dont la surface est un plan peu incliné. La granodiorite, sur toute la longueur de la faille, plonge uniformément de 15 à 26° vers l'E., ou plutôt vers le S.E. dans la partie méridionale; le long de cette surface, elle a été transformée en gneiss par le mouvement de glissement consécutif à la cassure. Ce gneiss récent se distingue du gneiss ancien par sa constitution et par le fait qu'il n'est pas plissé. Lindgren pense que tout le compartiment situé à l'Est est descendu suivant cette faible inclinaison, ou que le compartiment de l'Ouest (le mur) s'est soulevé. Des faits observés dans une mine voisine donnent même à penser que le mouvement dure encore. Quelques pointements peu étendus de rhyolite jalonnent la ligne de dislocation.

Il existe donc une très grande ressemblance entre le système montagneux du Nord-Est de l'Orégon et de l'Ouest de l'Idaho (des Blue Mountains aux Bitterroot Mountains) et les parties des Montagnes Intermédiaires mentionnées précédemment. D'autre part, la série stratigraphique est celle des Basin Ranges, dans la partie septentrionale desquelles nous avons déjà pénétré. Entre les prolongements de la section canadienne des Montagnes Intermédiaires, qui viennent disparaître entre le Lac Chelan et le Yakima (à l'Est du Mont Stuart et du Mont Rainier), à l'Ouest, et l'extrémité des Blue Mountains, à l'Est, et entre l'ennoyage de la zone granodioritique de l'Idaho, dans la partie septentrionale des Basin Ranges, et l'affaissement des montagnes de Californie, dont il sera bientôt question, il existe vraisemblablement une vaste dépression, qui interrompt la continuité des Montagnes Intermédiaires et est aujourd'hui masquée par les laves.

CHAPITRE XXI

L'APPARITION DES ANDES [1]

Monts Klamath. — Les Coast Ranges de Californie. — Basse-Californie. — Rebord méridional des Plateaux du Colorado. — Mexique. — Succession des couches dans la Chaîne Intermédiaire.

Monts Klamath. — La Chaîne Intermédiaire, qui se résout en une mer de chaînons subméridiens, trouve, aux États-Unis, son principal représentant dans les Basin Ranges, remplissant l'espace, large de 600 à 700 kilomètres, compris entre l'escarpement occidental des Monts Wahsatch et l'escarpement oriental de la Sierra Nevada (I, p. 782). La Sierra Nevada peut leur être encore rattachée. La vallée longitudinale du Sacramento marque un grand changement, et nous considérons les Coast Ranges de Californie, sur son versant occidental, comme le commencement du puissant édifice des Andes. Il n'est pas possible, d'ailleurs, de tracer une limite tout à fait nette : certains termes de la série sédimentaire débordent de part et d'autre, et, dans le Nord, on n'est point encore parvenu à une complète concordance entre les observations.

La fig. 275, établie d'après un croquis de Diller, peut du moins illustrer la répartition dans l'espace des unités montagneuses essentielles [2].

[1. Traduit par Antoine Vacher. — Voir ci-dessus, p. 1136, note 1.]

2. J. S. Diller, *Topographic Development of the Klamath Mountains* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 196, 1902, 69 p., 13 pl. dont 1 carte); et *Geology of Lassen Peak District* (8th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1886-87, part 1, p. 395-432, pl. XLV-LI, dont 2 cartes); voir aussi, du même : *Tertiary Revolution in Topography of Pacific Coast* (Id., 14th Ann. Rept., 1892-93, part 2, p. 414, pl. XLV : carte), et ailleurs. [Pour l'intelligence de ce chapitre, voir la *Geologic Map of North America...* de Bailey Willis et George W. Stose, à 1 : 5 000 000, Washington, 1911, feuilles S.W. et S.E. Sur l'échelle des terrains qui caractérisent les régions voisines du Pacifique, consulter J. Perrin Smith, *Salient Events in the Geologic*

Les volcans les plus méridionaux de la Chaîne des Cascades, le Mont Shasta (4 384 m.) et le Lassen Peak (3 181 m.), sont encore

Fig. 275. — Les Monts Klamath, d'après J. S. Diller (*U. S. Geol. Survey, Bull.* n° 196, 1902, pl. I).

Échelle de 1 : 3 000 000 environ.

compris dans cette esquisse. Le pays s'abaisse ensuite vers le Sacramento, et par 39° 15′ la grande vallée longitudinale[1] est seulement à 30-45 mètres au-dessus du niveau de la mer. De ce bas-fond surgit le

History of California (Science, New York, new ser., XXX, 1909, p. 346-351), et *The Geologic Record of California* (Journ. of Geol., XVIII, 1910, p. 216-227, 5 tableaux); Ralph Arnold, *Environment of the Tertiary Faunas of the Pacific Coast of the United States* (Journ. of Geol., XVII, 1909, p. 509-533, 5 fig. croquis paléogéogr., 1 tableau).]

[1. Voir Walter C. Mendenhall, *Preliminary Report on the Ground Waters of San Joaquin Valley, California* (U. S. Geol. Survey, Water Supply Paper 222, 1908, 52 p., 1 pl. : carte); voir aussi la belle carte : *Topographic Map of the Sacramento Valley, California*, à 1 : 250 000, publiée par l'U. S. Geol. Survey en 1911.]

petit volcan de Marysville ; la question peut demeurer ouverte de savoir s'il convient de le rattacher à la Chaîne des Cascades[1].

Les laves atteignent, vers le Sud-Est, la Sierra Nevada ; à l'Ouest des coulées se présente un groupe montagneux qui, sur les cartes, apparaît désigné sous plusieurs noms indépendants (Siskiyou, Salmon, Trinity, etc.); les géologues américains l'appellent Monts Klamath. Au Nord, ces montagnes émergent, dans le Sud-Ouest de l'Orégon, d'une ceinture de sédiments plus récents; par 41° 30′, les Coast Ranges de Californie les relayent. C'est ainsi que se rencontrent, dans ces parages, la Sierra Nevada, la Chaîne des Cascades, les Monts Klamath et les Coast Ranges. La situation et l'orientation indiquent que *les Monts Klamath sont le prolongement de la Sierra Nevada.*

Au Nord, dans le Sud-Ouest de l'Orégon, les Monts Klamath sont entourés d'un large liséré de Jurassique supérieur, caractérisé par l'*Aucella Erringtoni*. Ce liséré, à partir de l'endroit où la limite de la Californie atteint la mer, à peu près, s'étend jusqu'à une grande distance au N.E. ; il est incliné au S.E. et plonge par conséquent sous les couches plus anciennes des Monts Klamath. Le terme le plus remarquable de ce liséré jurassique répond à des schistes gris, qui renferment des bancs et des lentilles de roches à Radiolaires rouges ou vertes : c'est l'étage nommé par Diller étage de Dothan[2]. A ce niveau appartient, à côté de beaucoup d'autres traînées intrusives, la bande de péridotite nickelifère de Riddles. L'or, le platine et la chromite se présentent dans les intercalations basiques ; l'awaruite (fer nickelifère) y a été rencontrée également, comme auprès de Biella, dans le voisinage de la bande d'Ivrée[3]. Sur cette série jurassique plissée, le Néocomien (couches de

1. H. W. Turner and W. Lindgren, *Geologic Atlas of the United States*, folio n° 17 (*Marysville*), 1 : 125 000, avec coupe et notice, 1895.

2. J. S. Diller, *The Mesozoic Sediments of Southwestern Oregon* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXIII, 1907, p. 401-421, 1 fig.); un tableau un peu différent est donné par G. D. Louderback, *The Mesozoic of Southwestern Oregon* (Journ. of Geol., XIII, 1905, p. 514-555). Il existe aussi, dans cette région, des couches à empreintes végétales datant du Jurassique moyen ; Lester F. Ward, *Status of the Mesozoic Floras of the United States. Second Paper* (U. S. Geol. Survey, Monograph XLVIII, 1905, Part I. Text, p. 47-151 ; Part II. Plates, pl. V : carte, et pl. VII-XXXVII). On les retrouve en Californie, à Oroville ; je n'ai pas de renseignements récents sur leur allure. [Voir aussi J. S. Diller, *Strata containing the Jurassic Flora of Oregon* (Bull. Geol. Soc. of America, XIX, 1908, p. 367-402, 4 fig. dont 3 cartes); F. H. Knowlton, *The Jurassic Age of the « Jurassic Flora of Oregon »* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXX, 1910, p. 33-64).]

3. G. F. Kay, *Nickel Deposits of Nickel Mountain, Oregon* (Contributions to Economic Geology, 1906, part 1 ; U. S. Geol. Survey, Bull. n° 315, 1907, p. 120-127). [Voir aussi G. F. Kay, *Gold-quartz Mines of the Riddles Quadrangle, Oregon* (Contrib. to Economic Geol., 1907, part 1 ; Bull. 340, 1908, p. 134-147, 1 fig. carte); J. S. Diller, *Placer Mines of the Riddles Quadrangle, Oregon* (Ibid., p. 147-151); J. S. Diller and G. F. Kay, *Mineral Resources of the Grants Pass Quadrangle and bordering districts, Oregon* (Contrib., 1908, part 1 ; Bull. 380, 1909, p. 48-79, pl. II : carte).] Diller signale, dans le texte joint au *Roseburg Folio* (n° 49, 1898), des enclaves de roches à Radiolaires dans la serpentine et le métagabbro ; des schistes amphi-

Knoxville) s'étale en discordance. Il n'y a guère de doute que ce liséré de Jurassique supérieur, aujourd'hui interrompu par la mer, ait autrefois entouré, à l'Ouest, les Monts Klamath.

Des Monts Klamath eux-mêmes, il existe des descriptions différentes. Diller, parti de Redding, dans le Sud, a observé, jusqu'à la rivière Trinity, à l'Ouest, et très loin dans la direction du Nord et de l'Est, une série comprenant une roche massive anté-dévonienne, du Dévonien et du Carbonifère, puis, à l'Est de ce terrain, mais avec une orientation se rapprochant davantage du méridien, une zone intrusive prétriasique; ensuite, sur le cours supérieur du Pit, vient le Trias, et enfin le Jurassique. Hershey, en venant de l'Ouest, distingue dans les Monts Klamath quatre écailles plongeant à l'E. et se recouvrant partiellement l'une l'autre. La première ligne de chevauchement correspondrait à la limite occidentale des Monts Klamath (fig. 275); là, les schistes à Radiolaires plongent à l'E. sous les terrains plus anciens des Monts Klamath. La seconde croise la rivière Klamath près du confluent du Salmon (*Orleans fault*); la troisième et la quatrième lui font suite, jusqu'à la rivière Scott.

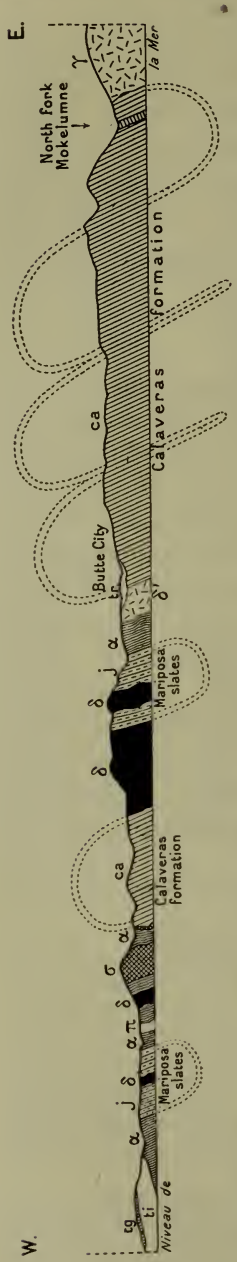


Fig. 276. — Coupe du versant occidental de la Sierra Nevada dans le comté d'Amador (Californie), d'après H. W. Turner (*14th Ann. Report U. S. Geol. Survey*, 1892-93, part 2, p. 486, fig. 1).

Ca. Carbonifère (*Calaveras formation*); j. Jurassique (*Mariposa Slates*); α. Schistes amphiboliques; σ. Serpentine; δ. Diabase; δ'. Diorite quartzifère; π. Porphyre quartzifère; γ. Granodiorite. — ti. Dépôts néogènes (*lone formation*); tg. Graviers aurifères; tr. Rhyolite. — Échelle des longueurs 1 : 320 000 environ; hauteurs 1 : 100 000.

boliques bleus y sont indiqués comme s'intercalant dans la *Myrtle formation*, où l'on trouve des Aucelles. — Pour l'awaruite, voir G. S. Jamieson, Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XIX, 1905, p. 413-415. — Pour la glaucophane, voir E. H. Nutter and W. B. Barber, Journ. of Geol., X, 1902, p. 738-744; et surtout G. D. Louderback, ibid., XIII, 1905, p. 534; et E. P. Carey and W. J. Miller, ibid., XV, 1907, p. 152-169 (comp. F. L. Ransome, mém. cité ci-après, p. 1217, note 1). [Voir aussi J. P. Smith, *The Paragenesis of the Minerals in the Glaucophane-bearing Rocks of California* (Proc. Amer. Phil. Soc., XLV, 1906, p. 183-242; Bibliographie); H. E. Kramm, *Serpentines of the Central Coast Ranges of California* (Ibid., XLIX, 1910, p. 315-349, pl. XXXIV-XXXV, 1 fig. carte).]

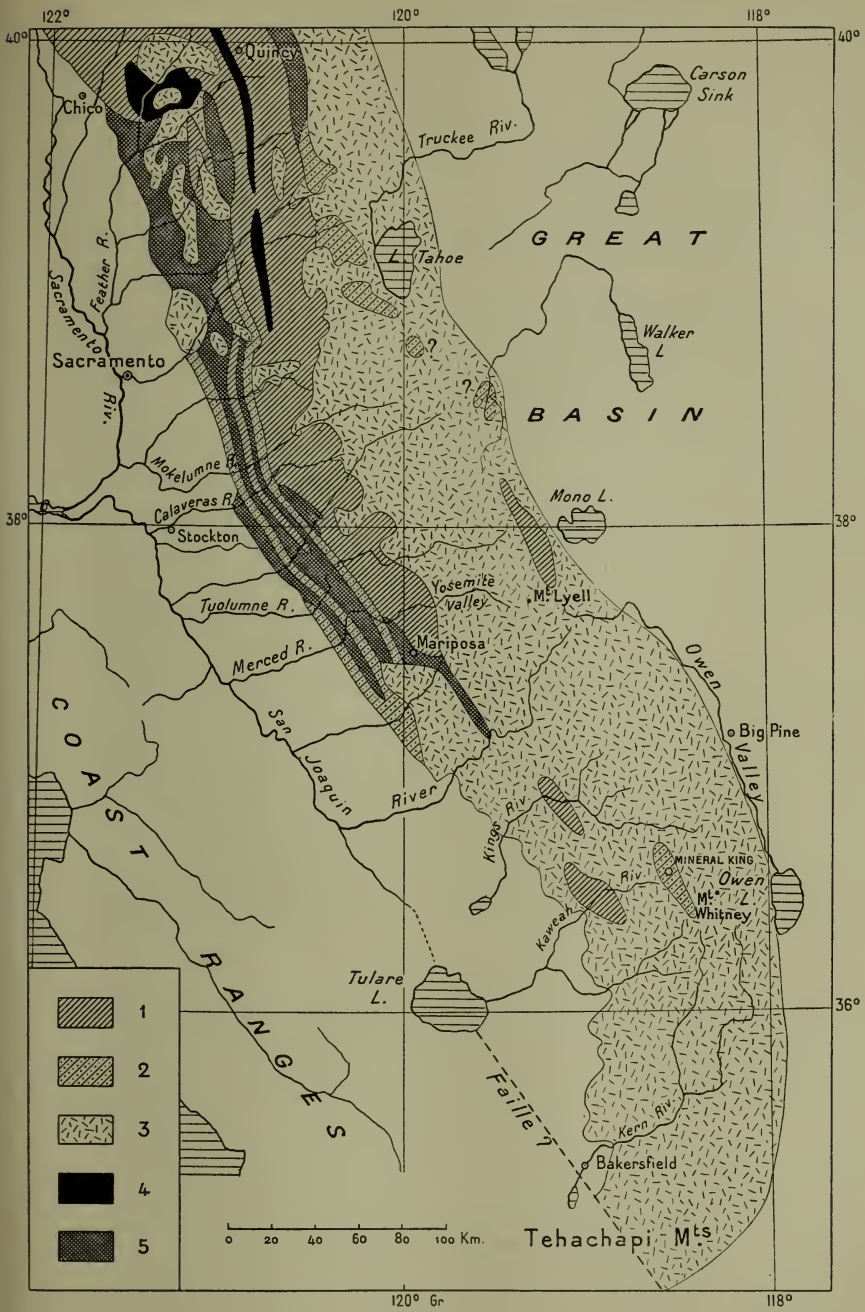


Fig. 277. — Extension du batholithe granodioritique de la Sierra Nevada (Californie), d'après H. W. Turner (*17th Ann. Report U. S. Geol. Survey*, 1895-96, part 1, pl. XVIII, p. 532).

1. Terrains paléozoïques ; 2. Trias et Jurassique ; 3. Granodiorite ; 4. Série magnésienne ; 5. Porphyrite et roches amphiboliques. Les formations postérieures au Jurassique sont supposées enlevées. — Échelle de 1 : 3 200 000.

Retenons seulement le fait que, le long de l'Orleans fault également, les couches à Radiolaires, très puissantes, plongent à l'E. sous des couches plus anciennes. D'où l'on peut conclure que le renversement des Monts Klamath sur la série à Radiolaires, signalé dans le Sud-Ouest de l'Orégon, se reproduit aussi à l'Ouest, et que la série à Radiolaires entre comme partie intégrante dans la structure des Monts Klamath eux-mêmes [1].

Cette série néojurassique se trouve représentée dans la Sierra Nevada par les schistes de Mariposa, caractérisés eux aussi par *Aucella Erringtoni* et par des intercalations de diabase et de serpentine. Mais depuis qu'on a tracé, ici même (I, p. 790), un tableau de cette chaîne, il a été établi que la masse de granodiorite occupant l'Est, puis, à partir des abords de Mariposa, toute la largeur de la Sierra (fig. 277), était plus récente que les schistes de Mariposa. La longueur de cette bande atteint environ 5° de latitude et sa largeur, au Sud, plus de 100 kilomètres. A son extrémité méridionale, au Sud de la rivière Kern, elle abandonne sa direction générale au S.E., et s'incurve au S.W. dans la direction du Tehachapi Pass (35° 10′) [2].

Les sédiments qui, dans sa moitié septentrionale, accompagnent le flanc Ouest sont renversés vers l'W. et plongent sous le batholithe. Un synclinal a été suivi longitudinalement sur près de 200 kilomètres. Turner a donné une coupe à travers le comté d'Amador, sur laquelle le renversement vers l'Ouest de toute la puissante série sédimentaire est bien visible (fig. 276) [3]. Les belles feuilles de l'Atlas publié par le Service géologique, comme la feuille de *Truckee* due à Lindgren, ou les feuilles de *Smartsville*, *Jackson*, *Placerville*, etc., levées par Lindgren

1. J. S. Diller, *The Bragdon Formation* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XIX, 1905, p. 379-387, 1 carte dans le texte); O. H. Hershey, *Some Western Klamath Stratigraphy* (Ibid., XXI, 1906, p. 58-66). Si je ne me trompe, une partie de la zone intrusive pré-triasique de Diller coïnciderait avec la zone attribuée, sur la fig. 275, à la Chaîne beaucoup plus récente des Cascades. [Voir aussi le *Geologic Atlas of the United States*, folio 138 (*Redding, California*), 1 : 125 000, avec coupes et notice, par J. S. Diller, 1906.]

[2. Sur la structure de la haute Sierra Nevada, consulter : A. C. Lawson, *The Geomorphic Features of the Middle Kern* (Bull. Dept. of Geol., Univ. of California, IV, n° 16, 1906, p. 397-409, pl. 38-41), et *The Geomorphogeny of the Tehachapi Valley System* (Ibid., IV, n° 19, 1906, p. 431-462, pl. 42-51, dont 1 carte); A. Knopf and P. Thelen, *Sketch of the Geology of Mineral King, California* (Ibid., IV, n° 12, 1905, p. 227-262, pl. 28-30, dont 1 carte géol.). Voir aussi G. D. Louderback, *General Geological Features of the Truckee Region East of the Sierra Nevada* (Bull. Geol. Soc. of America, XVIII, 1907, p. 662-669, pl. 73-74); J. A. Reid, *The Geomorphogeny of the Sierra Nevada North-East of Lake Tahoe* (Bull. Dept. of Geol., Univ. of California, VI, n° 5, 1911, p. 89-161, pl. 19-28, dont 1 carte géol.).]

3. H. W. Turner, *The Rocks of the Sierra Nevada* (14th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1892-93, part 2, p. 457, 486). Le même auteur a donné une petite carte de l'ensemble du batholithe dans son mémoire : *Further Contributions to the Geology of the Sierra Nevada* (17th Ann. Rept., 1895-96, part 1, p. 532, pl. XVIII [reprod. ci-dessus, p. 1211, fig. 277]).

et Turner, montrent de nombreux exemples de pénétration des roches intrusives dans cette série sédimentaire [1].

L'identité des roches en question avec la granodiorite de la Colombie a été reconnue par Lawson dès 1893 [2].

Les Coast Ranges de Californie (I, p. 794). — Contrairement à d'anciennes hypothèses, il a été établi que le granite des Coast Ranges est plus ancien que celui de la Sierra Nevada. Des schistes gneissiques et des micaschistes, du calcaire cristallin et des schistes argileux l'accompagnent; il est d'âge carbonifère ou d'une époque antérieure. Les roches à Radiolaires, alternant avec des grès, et qui ont ici reçu le nom de *Franciscan series*, reposent, par exemple dans la Presqu'île de San Francisco, sur un granite autochtone. Elles s'étendent au loin vers le Sud et sont accompagnées, là encore, de longues intercalations de péridotite et autres roches basiques. On a également reconnu du fer chromé, du platine, de l'or et de l'osmiridium dans ces intercalations; elles renferment du mercure. Des fossiles se rencontrent dans les schistes qui les accompagnent, mais ils sont rares (*Aucella*, *Opis*, *Hoplites*). Cette série est l'équivalent des couches de Mariposa, dans la Sierra Nevada, et de l'étage de Dothan, dans l'Orégon. On la considérait autrefois comme d'âge néocomien; or elle est recouverte en discordance par le Néocomien. Elle s'étend vers le Sud jusqu'à Santa Barbara. A l'exception de quelques traces du Carbonifère supérieur, on n'a encore jamais trouvé, au-dessous, de fossiles paléozoïques, et de fait elle paraît marquer, sur de larges étendues, le début de la succession normale des couches sédimentaires. Elle est violemment plissée. De l'avis de Ransome, les schistes à glaucophane associés aux roches basiques proviennent de la transformation des couches à Radiolaires.

Les Coast Ranges, comme on l'a déjà vu, se dirigent au N.W. sous la forme de coulisses multiples, qui parviennent obliquement à la mer, et certaines de ces coulisses sont limitées par de longues dislocations rectilignes [3].

[1. Outre les *folios* du *Geologic Atlas of the United States* déjà mentionnés au t. I du présent ouvrage (p. 791), voir les suivants : *Pyramid Peak* (31), *Downieville* (37), *Truckee* (39), *Sonora* (41), *Bidwell Bar* (43), *Big Trees* (51), *Mother Lode District* (63), *Colfax* (66), avec notices et feuilles de coupes, levées par W. Lindgren, H. W. Turner et F. L. Ransome, 1896-1900. Une carte géologique générale de cette région, à 1 : 750 000, est jointe au beau mémoire de W. Lindgren, *The Tertiary Gravels of the Sierra Nevada of California* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 73, 1911. In-4°, 226 p., 28 pl. dont 3 cartes géol. et 2 feuilles de coupes, 16 fig. dans le texte; Bibliographie, p. 12-13). Consulter en outre : Charles G. Yale, *General Index to Publications of the California State Mining Bureau* (California State Mining Bureau, Bull. n° 46, June, 1907, p. 7-42).]

2. A. C. Lawson, *The Cordilleran Mesozoic Revolution* (Journ. of Geol., I, 1893, p. 579-586).

[3. Sur la structure des chaînes côtières de Californie en général, voir l'excellent résumé donné par A. C. Lawson, en tête du *Report of the State Earthquake Investigation Com-*

Une ligne de cette nature court en ligne droite, à partir de Point Arena, au S. 35° E., sur une longueur de 600 kilomètres, jusqu'au Mont Pinos. Elle court à travers la mer, non loin du débouché de la Porte d'Or de San Francisco, et sa moitié septentrionale a été, d'après Lawson, le point de départ du tremblement de terre dévastateur du 18 avril 1906. Le séisme s'est traduit par un déplacement horizontal du voussoir Sud-Ouest par rapport au voussoir Nord-Est, dans la direction du N.W.; le décrochement a atteint environ 10 pieds [3 m. 05]; en même temps se produisait un exhaussement relatif de la lèvre occidentale de la cassure, qui, par endroits, a atteint 4 pieds [1 m. 22][1].

mission décrit plus loin. In-4°, Washington, 1908, vol. I, pt. 1, p. 4-24 : « Geology of the Coast System of Mountains ». La feuille n° 1 de l'Atlas in-folio qui accompagne cet ouvrage est intitulée : « Geomorphic Map of California and Nevada, with portions of Oregon and Idaho, showing the diastrophic character of the relief, the steep descent from the sub-continental shelf to the floor of the Pacific, and the more important known faults ». Elle peut servir à suivre une grande partie du présent chapitre.]

1. A. C. Lawson and A. O. Leuschner, *Preliminary Report of the State Earthquake Investigation Commission*. In-8°, 20 p., Berkeley, 1906. [Les résultats de l'enquête poursuivie sous les auspices de cette Commission ont été exposés, avec tout le détail désirable, dans la grande monographie intitulée : *The California Earthquake of April 18, 1906. Report of the State Earthquake Investigation Commission*. In two volumes and Atlas : Volume I, by Andrew C. Lawson, chairman, in collaboration with G. K. Gilbert, H. F. Reid, J. C. Branner, H. W. Fairbanks, H. O. Wood, J. F. Hayford and A. L. Baldwin, F. Omori, A. O. Leuschner, George Davidson, F. E. Matthes, R. Anderson, G. D. Louderback, R. S. Holway, A. S. Eakle, R. Crandall, G. F. Hoffman, G. A. Warring, E. Hughes, F. J. Rogers, A. Baird, and many others. Published by the Carnegie Institution of Washington (Publication n° 87). In-4°, Part I, p. I-XVIII, 1-254; Part 2, p. 255-451; 146 pl., 69 fig. dans le texte, 1908; — Volume II. *The Mechanics of the Earthquake*, by H. F. Reid, VIII-192 p., 2 pl., 62 fig. dans le texte, 1910; — *Atlas of Maps and Seismograms accompanying the Report of the State Earthquake Investigation Commission*, ... 1908. In-f°, 25 pl. cartes et 15 feuilles de séismogrammes. La plupart des planches jointes aux volumes de texte figurent les effets de la catastrophe sur le sol, les édifices ou les ouvrages d'art des territoires ébranlés. Il est probable qu'aucun tremblement de terre historique n'a fait l'objet, jusqu'à présent, d'une étude aussi copieusement illustrée et aussi complète. — Le tremblement de terre de San Francisco a donné lieu, en outre, à une multitude de publications, dont les données ont été reprises en partie dans l'enquête précédente, et parmi lesquelles il y a lieu de citer : David Starr Jordan, *The California Earthquake of 1906*. In-8°, 371 p., nombreuses fig., San Francisco, 1907; A. L. A. Himmelwright, *The San Francisco Earthquake and Fire : A brief History of the Disaster*. In-8°, 270 p., nombreuses phot., New York, 1907; U. S. Geological Survey, *The San Francisco Earthquake and Fire of April 18, 1906, and their Effects on Structures and Structural Materials*. Reports by G. K. Gilbert, R. L. Humphrey, J. S. Sewell and Fr. Soulé; with Preface by J. A. Holmes (U. S. Geol. Survey, Bull. 324, 1907, 170 p., 57 pl.). — Parmi les nombreux mémoires de moindre étendue qui ont été consacrés à cette catastrophe sismique, on peut citer : A. de Lapparent, *Le tremblement de terre de la Californie, d'après le rapport préliminaire officiel* (C. R. Acad. Sc., CXLIII, 1906, 2e sem., p. 18-20); G. H. Ashley, *The Geological Prelude to the San Francisco Earthquake* (Popular Science Monthly, LXIX, July, 1906, p. 69-75, 6 fig.); E. P. Carey, *The Great Fault of California and the San Francisco Earthquake* (Journ. of Geography, V, 1906, p. 289-301, 7 fig.); G. Davidson, *The San Francisco Earthquake of April, 1906* (Proc. Amer. Phil. Soc., XLV, 1906, p. 164-165), et *Points of interest involved in the San Francisco Earthquake* (Ibid., p. 178-182); G. K. Gilbert, *The Investigation of the San Francisco Earthquake* (Popular Science Monthly, LXIX, August, 1906, p. 97-115, 14 fig.); D. Starr Jordan, *The Earthquake Rift of 1906* (Ibid., October, 1906, p. 289-309, 20 fig.); F. L. Ransome, *The probable Cause of the San Francisco Earthquake* (Nat. Geogr. Mag., XVII,

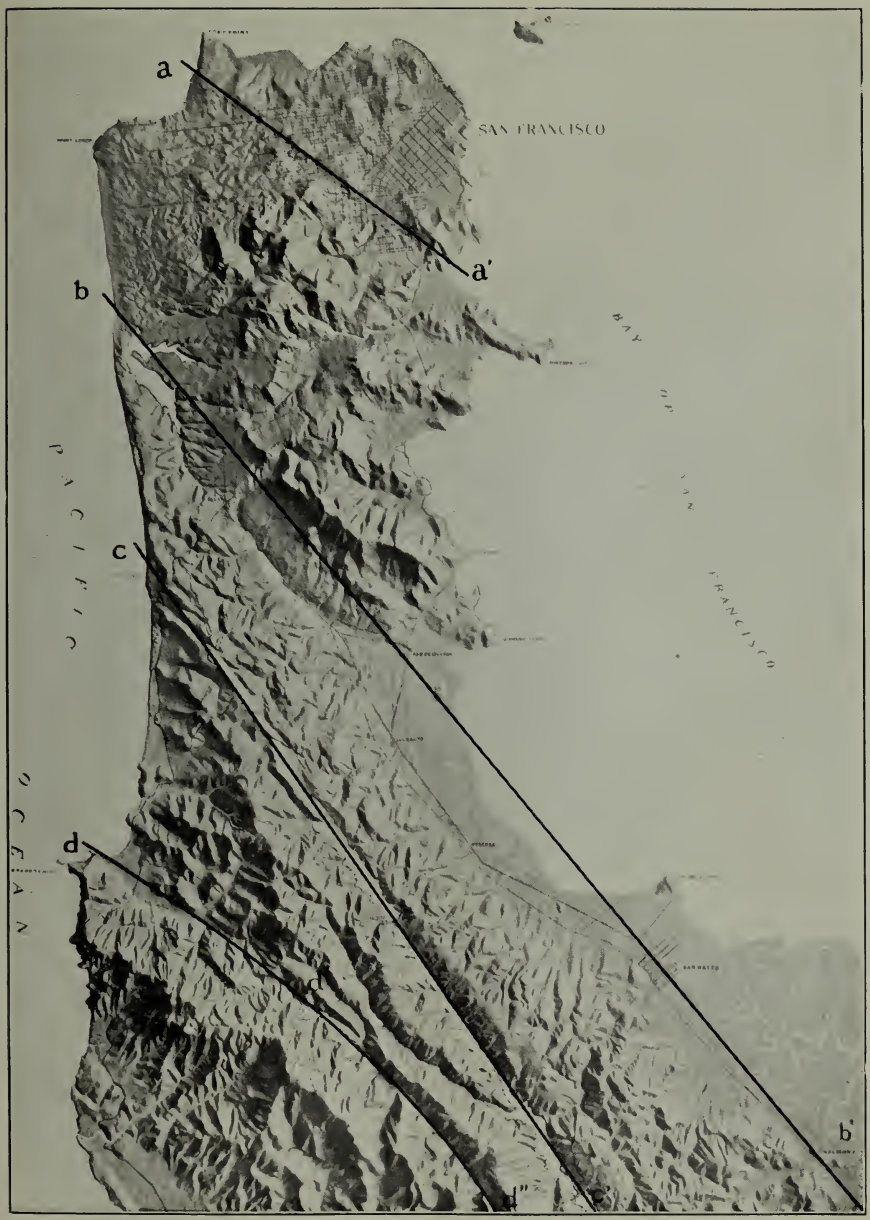
On ne possède pas, pour d'autres lignes de dislocation, de renseignements aussi détaillés; toutefois, on distingue sans peine une série de coulisses, et aussi quelques volcans récents qui s'alignent à peu près parallèlement à la direction des couches, du Clear Lake vers la Baie de San Francisco[1].

Un épais manteau de couches tertiaires[2] recouvre la région septen-

1906, p. 280-296, 11 fig.); Et. A. Ritter, *Le tremblement de terre de San Francisco du 18 avril 1906* (Bull. Soc. Geol. de Fr., 4e sér., VI, 1906, p. 287-293, 1 fig.); A. C. Spencer and R. Arnold, *The Cause of the Great Earthquake* (The World's Work, XII, No. 2, June 1906, p. 7678-7681, 3 fig.); H. Schussler, *The Water Supply of San Francisco, California, before, during and after the Earthquake of April 18th, 1906, and the subsequent Conflagration.* Dedicated to the Hydraulic Engineers of America. In-4°, 48 p., 25 pl. cartes, croquis et phot. New York, 1906; St. Taber, *Some local Effects of the San Francisco Earthquake* (Journ. of Geol., XIV, 1906, p. 303-315, 9 fig.); *The Effects of the San Francisco Earthquake of April 18th, 1906, on Engineering Constructions. Reports of a General Committee...* (Proc. Amer. Soc. Civil Engineers, XXXIII, 1907, p. 299, 537, 636, 800, pl. XVII-XLVII et LXV; Trans. d°, LIX, 1907, p. 208-329, pl. XXIII-LVIII); Ch. Davison, *The San Francisco Earthquake of 1906* (The Nineteenth Century, 1907, p. 220-227); F. Omori, *Preliminary Note on the Cause of the San Francisco Earthquake of April 18. 1906* (Bull. Imperial Earthquake Investigation Committee, Tokyo, I, n° 1, 1907, p. 7-25, pl. I-VII, 8 fig.); *Preliminary Note on the Seismographic Observations of the San Francisco Earthquake...* (Ibid., I, n° 1, 1907, p. 26-43, pl. VIII-XIII)), et *Comparison of the Faults in the three Eartkquakes of Mino-Owari, Formosa, and San Francisco* (Ibid., I, n° 2, 1907, p. 70-72); J. W. Redway, *Some Notes on the San Francisco Earthquake* (Geogr. Journ., London, XXIX, 1907, p. 436-440. 7 fig.), et *Some Afterlessons taught by the California Earthquake* (Ibid., XXXI, 1908, p. 518-522); J. F. Hayford and A. L. Baldwin, *The Earth Movements in the California Earthquake of 1906* (U. S. Coast and Geodetic Survey, Rept. of Superintendent for 1906-7, Appendix 3, p. 67-104, pl. I, II); J. F. Hayford, *Results of a Geodetic Study of the San Francisco Earthquake* (Science, New York, new ser., XXIX, 1909, p. 199); G. K. Gilbert, *The California Earthquake of 1906* (Amer. Journ. Sc., 4th. ser., XXVII, , 1909, p. 48-52 : compte rendu critique du Rapport de la Commission d'Enquête officielle); A. Klautzsch, *Das kalifornische Erdbeben vom 18. April 1906* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1909, p. 609-616); Comte de Montessus de Ballore, *La topographie sismique des Coast Ranges de Californie et le mouvement tectonique du 18 avril 1906* (Annales de Géogr., XVIII, 1909, p. 341-355); R. D. Oldham, *The Geological Interpretation of the Earth-Movements associated with the Californian Earthquake of April 18th. 1906* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LXV, 1909, p. 1-20, 5 fig.); H. F. Reid, *On Mass Movements in Tectonic Earthquakes and the Depth of the Focus* (Beitr. z. Geophysik, X, Heft 3, 1910, p. 318-351, 9 fig.); A. Rothpletz, *Ueber die Ursachen des kalifornischen Erdbebens von 1906* (Sitzungsber. K. Bayer. Akad. Wiss., München, Math.-phys. Kl., 1910, 8. Abhandl., 32 p., 2 pl. cartes, 3 fig.).]

1. G. F. Becker, *Geology of the Quicksilver Deposits of the Pacific Slope* (U. S. Geol. Survey, Monograph XIII, 1888. In-4°, XIX-486 p., 7 pl. et Atlas in-folio de 14 feuilles); nombreux passages.

[2. Sur les détails de la stratigraphie de ces assises tertiaires et sur les faunes très riches qu'elles renferment, consulter les travaux suivants de Ralph Arnold : *The Tertiary and Quaternary Pectens of California* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 47, 1906. In-4°, 264 p., 53 pl. dont 1 carte); *New and characteristic Species of Fossil Mollusks from the Oil-bearing Tertiary Formations of Southern California* (Proc. U. S. Nat. Mus., XXXII, 1907, p. 525-546, 14 pl.); *Fossils of the Oil-bearing Formations of Southern California* (U. S. Geol. Survey, Bull. 309, 1907, p. 219-256, pl. XXV-XLI); *New and characteristic Species of Fossil Mollusks from the Oil-bearing Tertiary Formations of Santa Barbara County, California* (Smithsonian Miscell. Coll., L, 1908, p. 419-447, pl. L-LVIII); *Descriptions of New Cretaceous and Tertiary Fossils from the Santa Cruz Mountains, California* (Proc. U. S. Nat. Mus., XXXIV, 1908, p. 345-390, 7 pl.); *Paleontology of the Coalinga District, Fresno and Kings Counties, California* (U. S. Geol. Survey, Bull. 396, 1909, 173 p., 30 pl.). Voir aussi Ch. E. Weaver, *Stratigraphy and Palaeontology of the San Pablo Formation in Middle California* (Bull. Dept. of Geol., Univ. of California, V, n° 16, 1909, p. 243-269).]



LA PRESQU'ÎLE DE SAN FRANCISCO, d'après un relief modelé par A. C. LAWSON

a a' Faille de San Francisco; b b' Faille de San Bruno; c c' Faille de San Andreas; d d' d'' Faille de Pilarcitos. — Echelle de 1 : 225 000.

trionale; cependant les schistes à Radiolaires de la Franciscan series pointent au travers, sous forme de crêtes aiguës. C'est seulement près de Point Reyes, au Nord de San Francisco, et dans l'archipel voisin des Farallones que du granite apparaît. C'est là, probablement, l'origine de la coulisse qui est recoupée obliquement par la côte occidentale de la Presqu'île de San Francisco. Les cartes de cette presqu'île données par Lawson et Crandall font voir comment chacune des zones successives vient disparaître obliquement, le long de la côte, et montrent les failles longitudinales qui les accompagnent[1]. Pour les régions suivantes, Fairbanks a mis en lumière la disposition en coulisses des différentes chaînes. Le granite de Point Reyes et de la Presqu'île de San Francisco se dirige au S.E., par les Sierras *Santa Cruz* et *Gavilan*, jusque dans le comté de Monterey; son extrémité Nord-Ouest plonge dans la mer et, au S.E., on le rencontre à l'intérieur du continent, à l'Est de la rivière Salinas[2].

A l'Est de cette coulisse s'élève un nouveau chaînon indépendant, le *Monte Diablo*; il constitue un anticlinal régulier, de direction S.E., mais ne laissant affleurer suivant son axe que la Franciscan series et des serpentines; son prolongement au Sud-Est n'a pas l'importance orographique que lui attribuent certaines cartes[3].

La Chaîne de *Santa Lucia*, dont les escarpements hardis se dressent à l'Ouest de la rivière Salinas, au bord méridional de la Baie de Monterey, est d'autant plus importante. Son versant occidental, constitué par des calcaires cristallins et des schistes anciens, parfois gneissiques, descend à pic sur la mer; son axe est en granite; Fairbanks montre que cet axe, formant un angle aigu avec la direction de la côte, se

1. A. C. Lawson, *Sketch of the Geology of the San Franciszo Peninsula* (15th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1893-94, p. 399-476, pl. V-XII, dont 1 carte géol.); F. L. Ransome, *The Geology of Angel Island* (Univ. of California, Bull. Dept. of Geol., I, n° 7, 1894, p. 193-240, pl. 12-14, dont 1 carte géol.); G. H. Ashley, *The Neocene Stratigraphy of the Santa Cruz Mountains of California* (Proc. California Acad. Sc., 2d ser., V, 1895, p. 273-367, pl. XXII-XXV, dont 1 carte); A. C. Lawson and C. Palache, *The Berkeley Hills, a Detail of Coast Range Geology* (Univ. of California, Bull. Dept. of Geol., II, n° 12, 1902, p. 349-450, pl. 10-17 et 1 carte géol.); R. Crandall, *The Geology of the San Francisco Peninsula* (Proc. Amer. Phil. Soc., XLVI, 1907, p. 3-58, 1 pl. carte). [Voir aussi, dans le *Report of the State Earthquake Investigation Commission*, déjà cité, la carte de A. C. Lawson : *Geomorphic and Geologic Map of the San Francisco Peninsula* (vol. I, pt. 1, pl. 16), et la *Geologic Map of the City of San Francisco*, à 1 : 40 000, du même (Atlas, Map No. 17).]

[2. Voir le *Geologic Atlas of the United States*, folio 163 (*Santa Cruz*), 1 : 125 000, avec notice et coupes, par John C. Branner, J. F. Newsom and Ralph Arnold, Washington, 1909.]

3. H. W. Turner, *The Geology of Mount Diablo, California* (Bull. Geol. Soc. of America, II, 1891, p. 383-414, pl. 15 : carte); pour l'orographie, voir notamment la petite carte de G. H. Eldridge, *The Asphalt and Bituminous Rock Deposits of the United States* (22d Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1900-1901, part 1, p. 366, pl. XLIV). [Voir aussi F. M. Anderson, *A further Stratigraphic Study in the Mount Diablo Range of California* (Proc. California Acad. Sc., 4th. ser., III, 1908, p. 1-40); G. D. Louderback, *The Chief Features of the Stratigraphy and Structure of Mount Diablo, California* (Science, New York, new ser., XXVII, 1908, p. 406).]

dirige vers le S.E., et qu'il coupe obliquement la vallée supérieure de la rivière Salinas. Plus au Sud, la chaîne se poursuit à l'Est de San Luis Obispo et dans la direction de San Emidio et du Tejon Pass. Là, elle paraît se relier aux chaînons qui se dirigent vers le cours inférieur du Colorado et vers la Basse Californie [1].

C'est ainsi que la Sierra Santa Lucia pénètre profondément, elle aussi, à l'intérieur du continent; mais les coulisses qui, au Sud de San Luis Obispo, lui font suite changent peu à peu de direction. Au Nord de 36° de lat. N., d'après Fairbanks et Eldridge, la direction moyenne des plis est N. 20° à 40° W.; autour de San Luis Obispo [2], elle est N. 50° à 60° W., et à la hauteur de Point Concepcion N. 80° à 90° W.; de sorte que la partie de la côte qui court de l'E. à l'W., aux environs de Santa Barbara (fig. 278), est la seule qui, dans une certaine mesure, corresponde à la direction des plis [3]. Le Miocène prend une part considérable à la constitution des coulisses qui se dressent, l'une en arrière de l'autre, au Sud du prolongement de la Sierra Santa Lucia; mais déjà, dans les chaînons des environs de San Emidio, il est également redressé jusqu'à une grande hauteur. La plus puissante des

1. H. W. Fairbanks, *Review of our Knowledge of the Geology of the California Coast Ranges* (Bull. Geol. Soc. of America, VI, 1895, p. 71-102); voir aussi A. C. Lawson, *The Geology of Carmelo Bay* (Univ. of California, Bull. Dept. of Geol., I, 1893, p. 1-59, pl. 1-4, dont 1 carte géol.); Bailey Willis, *Some Coast Migrations, Santa Lucia Range, California* (Bull. Geol. Soc. of America, XI, 1900, p. 417-432, pl. 25-29, dont 1 carte); E. H. Nutter, *Sketch of the Geology of the Salinas Valley, California* (Journ. of Geol., IX, 1901, p. 330-336, 8 fig. dont 2 cartes).

[2. Voir le *Geologic Atlas of the United States*, folio 101 (*San Luis Obispo*), 1 : 125 000, avec coupes et notice, par H. W. Fairbanks, 1904.]

3. Les lignes directrices de cette région apparaissent dans R. Arnold and R. Anderson, *Preliminary Report on the Santa Maria Oil District, Santa Barbara County, California* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 317, 1907, 69 p., 2 pl. cartes), pl. I [reprod. ci-contre, fig. 278]). [La structure des chaînons tertiaires du Sud de la Californie a donné lieu à des travaux importants, provoqués par l'abondance du pétrole, et est aujourd'hui très bien connue, comme on s'en convaincra en examinant les mémoires descriptifs suivants : G. H. Eldridge and Ralph Arnold, *The Santa Clara Valley, Puente Hills, and Los Angeles Oil Districts, Southern California* (U. S. Geol. Survey, Bull. 309, 1907, 266 p., 41 pl. dont 4 cartes géol. et 5 pl. de coupes, 17 fig.); R. Arnold, *Geology and Oil Resources of the Summerland District, Santa Barbara County, California* (Id., Bull. 321, 1907, 93 p., 17 pl. dont 1 carte géol., 1 carte tectonique, 3 pl. de coupes, 3 fig.); R. Arnold and R. Anderson, *Geology and Oil Resources of the Santa Maria Oil District, Santa Barbara County, California* (Id., Bull. 322, 1907, 161 p., 26 pl., dont 1 carte géol., 1 carte tectonique, 2 pl. de coupes); R. Arnold and R. Anderson, *Preliminary Report on the Coalinga Oil District, Fresno and Kings Counties, California* (Id., Bull. 357, 1908, 142 p., 2 pl. cartes, 1 fig.); R. Arnold and R. Anderson, *Geology and Oil Resources of the Coalinga District, California*; with a Report on the chemical and physical properties of the Oils by Irv. C. Allen (Id., Bull. 398, 1910, 354 p., 52 pl., dont 1 carte géol., 2 cartes tectoniques, 4 pl. de coupes, 9 fig.); R. Arnold and H. R. Johnson, *Preliminary Report on the Mc Kittrick-Sunset Oil Region, Kern and San Luis Obispo Counties, California* (Id., Bull. 406, 1910, 225 p., 2 fig., 5 pl. dont 4 cartes géol. et tectoniques, 1 pl. de coupes); W. F. Jones, *The Geology of the Sargent Oil-Field* (Bull. Geol. Dept., Univ. of California, VI, n° 3, 1911 p. 55-78, pl. 13-18, dont 1 carte géol.). — Plusieurs des cartes structurales jointes à ces monographies, et où l'allure des couches formant des dômes ou des faisceaux de plis subparallèles est figurée au moyen de courbes de niveau, méritent de devenir classiques.]

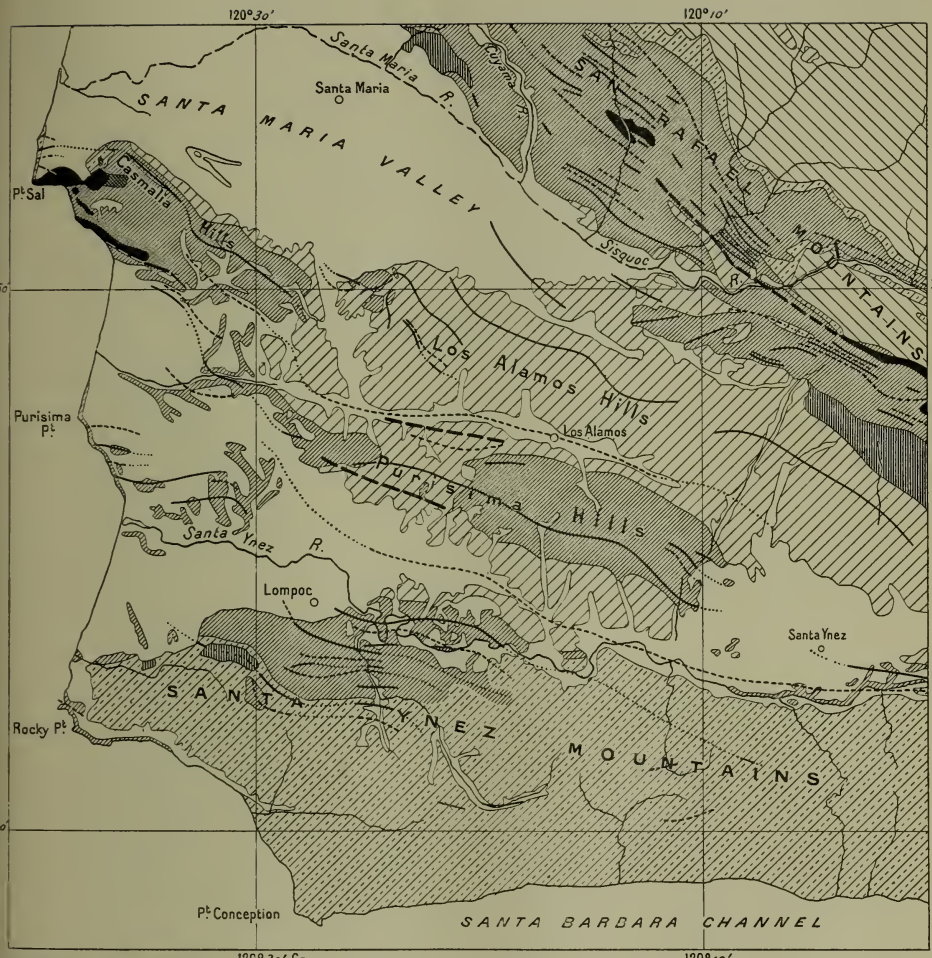


Fig. 278. — Croquis tectonique d'une partie des Chaînes tertiaires du Sud de la Californie, d'après R. Arnold et R. Anderson (*U. S. Geol. Survey*, *Bulletin 317*, 1907, pl. I).

1. *Franciscan series* (Jurassique?); 2. Knoxville (Crétacé inférieur); 3. Pre-Monterey (Crétacé et Tertiaire); 4. Vaqueros (Éocène, etc.); 5. Monterey (Miocène); 6. Fernando (Pliocène); 7. Alluvions, terrasses, etc.; 8. Roches éruptives; 9. Anticlinaux; 10. Synclinaux; 11. Failles. — Échelle de 1 : 500 000 environ.

chaînes orientées E.-W., la Sierra *Santa Ynez*, au pied de laquelle s'étend, vers le Sud, la côte de Santa Barbara, sur laquelle nous avons déjà appelé l'attention, est tout entière constituée par du Miocène; la Sierra *Santa Monica*, orientée également W.-E., près de Los Angeles, laisse voir sous le Miocène un noyau de granite. Elle est prolongée par les îles de l'Archipel de Santa Barbara, qui sont en grande partie miocènes; ces îles (San Miguel, Santa Rosa, Santa Cruz, Anacapa) se dressent sur un socle commun, s'allongeant de l'E. à l'W.

Fairbanks dit, non sans raison, qu'il semble s'être formé, à différentes époques, un certain nombre de chaînes indépendantes les unes des autres; les forces de compression et d'exhaussement ne se seraient pas toujours manifestées suivant les axes préexistants, mais, à côté de ces axes, ou même dans une direction différente, de nouveaux axes auraient pris naissance.

L'orientation E.-W. ne persiste, ni à l'intérieur du continent, ni dans la direction du Sud.

Déjà la Chaîne de *Santa Anna*, qui se dresse non loin de Los Angeles, est composée de plusieurs anticlinaux parallèles orientés N. 60° W., et elle se poursuit au loin dans la direction de l'embouchure du Colorado; on y connaît du Miocène, des traces du Carbonifère ou du Trias et des schistes cristallins.

La grande Sierra *San Bernardino*[1] ou *Sierra Madre* est, selon toute vraisemblance, le prolongement de la Sierra Santa Lucia, ou représente une nouvelle coulisse, relayant de très près la précédente; elle s'étend parallèlement à la Sierra Santa Anna, et son versant septentrional s'abaisse vers le Désert Mohave. Le substratum ancien affleure de plus en plus largement; sa couverture ne date le plus souvent que de l'époque tertiaire. Campbell a traversé la Sierra Madre au Cajon Pass; une faille coupe, à angle aigu, l'axe de la chaîne et forme probablement sur une grande longueur, dans la direction du S.E., le rebord méridional de la Sierra. On rencontre au Sud de la faille des schistes à hornblende et, au Nord, du granite gris grossier, avec de rares lambeaux de sédiments métamorphisés. A ce granite font suite, vers le Nord, des grès et des conglomérats, qui sont légèrement plissés et vraisemblablement d'âge éocène, puis, en s'avançant vers le bord du désert, un puissant liséré de cailloutis. C'est sur ce cailloutis que se trouve le col, à l'altitude de 1250 mètres; le Cajon Canyon recoupe toute la partie ancienne de la chaîne[2].

[1. Voir Walter C. Mendenhall, *Two Mountain Ranges* [San Bernardino and San Gabriel] *of Southern California* (Bull. Geol. Soc. of America, XVIII, 1907, p. 660-661); et *Ground Waters and Irrigation Enterprises in the Foothill Belt, Southern California* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply Pap. 219, 1908, 180 p., 9 pl., dont 7 cartes, 16 fig.).]

2. M. R. Campbell, *Reconnaissance of the Borax Deposits of Death Valley and Mohave*

En continuant par *Victor* et *Borate*, on voit la région désertique couverte de dépôts lacustres, qui renferment sur plusieurs points des intercalations de couches riches en borax, parfois aussi des intercalations de laves récentes. Ces dépôts ne sont pas tous de même âge; quelques-uns sont fortement plissés, d'autres n'ont pas été dérangés. De l'arène, provenant de la désagrégation d'un granite gris, est visible. De courtes traînées rocheuses sont constituées par le même granite ou par des sédiments très métamorphisés. On atteint ainsi, à la sortie de la *Death Valley*, le domaine des Basin Ranges. Ce fossé, d'après S. Ball, mesure 190 kilomètres de longueur sur 8 à 16 de largeur et s'enfonce à 123 mètres au-dessous du niveau de la mer; les chaînes *Amargosa* et *Funeral* atteignent, à l'Est, 1500 à 2000 mètres; la *Panamint Range*, à l'Ouest, est haute de plus de 2700 mètres. La fosse d'effondrement paraît être dissymétrique : elle résulterait d'une cassure jalonnant le versant oriental des Monts Panamint, et rappellerait ainsi, par sa structure, la Mer Morte de Syrie. Un banc de sel en occupe le fond [1].

Nous nous trouvons dans les effondrements des Basin Ranges [2].

Desert (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 200, 1902, 23 p., 1 pl. carte); voir aussi E. W. Claypole, *Sierra Madre near Pasadena* (Bull. Geol. Soc. of America, XII, 1901, p. 494). [Voir en outre Ch. E. W. Bateson, *The Mojave Mining District of California* (Trans. Amer. Inst. Mining Engineers, XXXVII, 1906, p. 160-177, 9 fig. dont 2 cartes); C. R. Keyes, *Borax Deposits of the United States* (Amer. Inst. Mining Engineers, Bull. No. 34, 1909, p. 867-903, 20 fig. dont 2 cartes); C. L. Baker, *Notes on the Later Cenozoic History of the Mohave Desert Region in Southeastern California* (Bull. Geol. Dept., Univ. of California, VI, n° 15, 1911, p. 333-383, pl. 34-43).]

1. S. H. Ball, *A Geological Reconnaissance in Southwestern Nevada and Eastern California* (U. S. Geol. Survey, Bull. 308, 1907, 218 p., 3 pl. dont 1 carte géol.). [Pour des photographies de la « Vallée de la Mort », voir l'article de R. H. Chapman, *The Deserts of Nevada and the Death Valley* (Nat. Geogr. Mag., XVII, 1906, p. 483-497, 7 fig. dont 1 carte). — Sur la structure d'un autre fossé tectonique situé dans la même région, au pied oriental de la Sierra Nevada, et sur les failles récentes qui y ont été observées, voir Willis T. Lee, *Geology and Water Resources of Owens Valley, Cal.* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply and Irrig. Pap. No. 181, 1906, 28 p., 6 pl. dont 1 carte); J. A. Reid, *A Note on the Geology of the Coso Range, Inyo County, Cal.* (Journ. of Geol., XVI, 1908, p. 64-72, 5 fig. dont 1 carte); W. D. Johnson and W. Hobbs, *The Earthquake of 1872 in the Owens Valley, California* (Science, New York, new ser., XXVII, 1908, p. 723); W. H. Hobbs, *The Earthquakes of 1872 in the Owens Valley, California* (Beitr. z. Geophysik, X, Heft 3, 1910, p. 352-385, 5 fig., pl. X-XXIII, dont 3 cartes); W. D. Johnson, *Recent Faulting in Owens Valley, California* (Bull. Geol. Soc. of America, XXI, 1910, p. 792); A. C. Trowbridge, *The Terrestrial Deposits of Owens Valley, California* (Journ. of Geol., XIX, 1911, p. 706-747, 1 pl. carte géol., 24 fig.).]

[2. Sur la structure des chaînons paléozoïques et volcaniques, hachés de failles et très métallisés, qui occupent la partie méridionale du « Grand Bassin », voir les mémoires suivants de J. E. Spurr : *Descriptive Geology of Nevada South of the Fortieth Parallel and adjacent portions of California* (U. S. Geol. Survey, Bull. 208, 1903, 229 p., 25 fig., 8 pl. dont 1 carte géol.); *Geology of the Tonopah Mining District, Nevada* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. 42, 1905. In-4°, 295 p., 78 fig., 24 pl. dont 5 cartes géol.); *Ore Deposits of the Silver Peak Quadrangle, Nevada* (Ibid., n° 55, 1906. In-4°, 174 p., 24 pl. dont 1 carte géol., 40 fig.). Voir aussi H. H. Taft, *Notes on Southern Nevada and Inyo County, California* (Trans. Amer. Inst. Mining Engineers, XXXVII, 1906, p. 178-197); F. L. Ransome, *Preliminary Account of Goldfield, Bullfrog, and Other Mining Districts in Southern Nevada* (U. S. Geol. Survey, Bull. 303, 1907,

Les roches anciennes y existent, mais associées à des couches paléozoïques puissantes. Non loin de là s'élèvent les *White Mountains*; Walcott y a signalé des fossiles cambriens et des renversements vers l'Ouest[1]. Les gneiss voisins sont certainement d'âge précambrien.

Sur le bord Nord-Ouest du désert, à l'El Paso Peak, près de l'extrémité méridionale de la Sierra Nevada, on a trouvé des fossiles marins éocènes.

Basse-Californie. — Le retour à la direction N.W. se reconnaît à l'opposition entre les Iles Santa Barbara, qui s'allongent de l'W. à l'E., et les îles plus méridionales, telles que San Nicolas, San Clemente et Santa Catalina, qui, sans exception, s'orientent du N.W au S.E. Lawson les a décrites[2].

Les chaînons montagneux situés à l'Est de San Diego montrent des rochers de granite et de gneiss, blanchis sous l'attaque des agents atmosphériques. En avant, sur une largeur de 19 à 20 kilomètres et dominant San Diego d'une hauteur de 240 mètres, un plateau s'étend le long de la côte, la Mesa de San Diego. Il est formé par du Pliocène marin avec une couverture de cailloutis fluviatiles; l'ensemble représente un delta pliocène. Le Mont San Pedro (449 m.), au Sud de Los Angeles, qui est relié au continent par une langue de terre plate, est constitué par du Miocène incliné; Santa Catalina (642 m.) est en quartzite, en diorite et en andésite beaucoup plus récente; San Clemente (597 m.) est en grande partie constituée par la même andésite[3].

p. 7-83, 5 pl. dont 4 cartes géol., 15 fig.); S. H. Ball, *The post-Jurassic Igneous rocks of Southwestern Nevada* (Journ. of Geol., XVI, 1908, p. 36-45, 1 fig. carte, 1 tableau); H. W. Turner, *Contribution to the Geology of the Silver Peak Quadrangle, Nevada* (Bull. Geol. Soc. of America, XX, 1909, p. 223-264, 4 pl.); F. L. Ransome, *The Geology and Ore Deposits of Goldfield, Nevada* (U. S. Geol. Survey, Prof. Pap. 66, 1909. In-4°, 258 p., 35 pl. dont 2 cartes géol., 34 fig.; extr. par l'auteur, dans Economic Geol., V, 1910, p. 301-311, 438-470, 3 pl., 8 fig.); F. L. Ransome, W. H. Emmons, and G. H. Garrey, *Geology and Ore Deposits of the Bullfrog District, Nevada* (U. S. Geol. Survey, Bull. 407, 1910, 130 p., 14 pl. dont 2 cartes géol., 20 fig.).]

1. C. D. Walcott, *Lower Cambrian Rocks in Eastern California* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., XLIX, 1895, p. 141-144); et *The Appalachian Type of Folding in the White Mountain Range of Inyo County, California* (Ibid., p. 169-174, 6 coupes). Les White Mountains répondent au bord oriental du fossé de l'Owens Valley.

2. A. C. Lawson, *The Post-Pliocene Diastrophism of the Coast of Southern California* (Univ. of California, Bull. Dept. of Geol., I, 1893, p. 115-160, pl. 8, 9); W. S. Tangier Smith, *The Geology of Santa Catalina Island* (Proc. California Acad. Sc., 3d ser., I, 1897, p. 1-71, 3 pl. carte); du même, *A Geological Sketch of San Clemente Island* (18th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1896-97, part 2, p. 459-496, pl. LXXXIV-XCVI, dont 1 carte); du même, *A Topographic Study of the Islands of Southern California* (Univ. of California, Bull. Dept. of Geol., II, 1900, p. 179-230, pl. 5 : cartes); W. S. T. Smith and R. Arnold, *The Marine Pliocene and Pleistocene Stratigraphy of the Coast of Southern California* (Journ. of Geol., X, 1902, p. 117-138, 9 fig., 5 pl. phot.).

3. San Pedro est morcelé par des terrasses jusqu'à l'altitude de 366 mètres, San Clemente jusqu'à 402 mètres; le fait que l'Ile de Santa Catalina, située dans l'intervalle, ne

Lorsqu'on a tenté, dans cet ouvrage (I, p. 797), de décrire la presqu'île de la Basse-Californie, on ne disposait que d'un mémoire de Gabb. Depuis cette époque, les observations sont devenues plus nombreuses. Emmons et Merrill font ressortir, en ce qui concerne l'ensemble de la structure, que la presqu'île est dirigée N.N.W., tandis que ses chaînons montagneux s'orientent davantage au N.W., et que les baies, sur la côte occidentale, s'ouvrent dans la même direction : la presqu'île acquiert ainsi une structure en forme de coulisses[1].

De la contrée située au Nord de Los Angeles et à l'Est de San Diego, les montagnes pénètrent dans la presqu'île; elles occupent, du côté de l'Ouest, plus de la moitié de sa largeur, et atteignent, au voisinage de leur limite orientale, 1500 à 2000 mètres; d'après la description de Lindgren, elles s'abaissent très brusquement vers la dépression du Lac Maquata. Depuis que cette description a été rédigée, des travaux d'art ont ouvert les parties déprimées de la région à un afflux liquide sur lequel on ne comptait pas. Une vaste nappe d'eau s'est créée, et de grands espaces de terres cultivables ont été submergés (fig. 279)[2].

On savait déjà, grâce à Gabb, que la presqu'île est constituée par de longs chaînons granitiques, séparés les uns des autres et en partie recouverts par des *mesas* horizontales de grès; arêtes de granite et mesas sont, les unes et les autres, fréquemment noyées sous des

montre pas de gradins (d'après T. Smith, on n'en voit que quelques traces, à la partie inférieure des versants), a conduit Lawson à admettre des mouvements tectoniques indépenpants. N. S. Shaler (*Evidences as to change of Sealevel*; Bull. Geol. Soc. of America, VI, 1895, p. 141-166) a senti la contradiction et admis des mouvements de la ligne de rivage, à peu près dans le sens de Strabon ou de Chambers.

1. S. F. Emmons and G. P. Merrill, *Geological Sketch of Lower California* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 489-514, pl. 19 : carte ; en particulier p. 513); voir aussi G. P. Merrill, *Notes on the Geology and Natural History of the Peninsula of Lower California* (Rept. U. S. Nat. Museum, Washington, 1895 (1897), p. 969-994, pl. 1-10, dont 1 carte).

2. W. Lindgren, *Notes on the Geology of Baja California, Mexico* (Proc. California Acad. Sc., 2d ser., I, 1889, p. 173-196, pl. II-V, dont 2 cartes); D. T. Mac Dougal, *The Delta of the Rio Colorado* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XXXVIII, 1906, p. 1-16, 6 fig., carte); W. T. Lee, *Geology of the Lower Colorado River* (Bull. Geol. Soc. of America, XVII, 1906, p. 275-284, pl. 32-34, dont 1 carte); et ailleurs. [Voir aussi D. T. MacDougal, *The Desert Basins of the Colorado Delta* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XXXIX, 1907, p. 705-729, 11 fig. dont 4 cartes), et *Botanical Features of North American Deserts* (Carnegie Institution of Washington, Publication No. 99, 1908, p. 35-41, pl. 34 : carte); Willis T. Lee, *The Late History of the Lower Colorado River* (Science, New York, new ser., XXV, 1907, p. 390-391); Walter C. Mendenhall, *Some Desert Watering Places in Southeastern California and Southwestern Nevada* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply Pap. 224, 1909, 98 p., 4 pl. dont 1 carte); le même, *Ground Waters in the Indio Region, California, with a sketch of the Colorado Desert* (Id., Ibid., n° 225, 1909, 56 p., 12 pl. dont 2 cartes, 5 fig.), et *The Colorado Desert* (Nat. Geogr., Mag., XX, 1909, p. 681-701, 16 fig. phot.); H. W. Fairbanks, *Some Topographical Features of the Western Side of the Colorado Desert* (Bull. Geol. Soc. of America, XXI, 1901, p. 793); Walter C. Mendenhall, *Notes on the Geology of Carrizo Mountain and Vicinity, San Diego County, Cal.* (Journ. of Geol,, XVIII, 1910, p. 336-355, 10 fig.).]

coulées de roches volcaniques récentes, et en particulier aussi recoupées par une rangée de volcans récents, dans le voisinage de 27° 30′ (Tres Virgines, etc.). Lawson et Fairbanks ont rencontré sur la côte, au voisinage de San Diego, sous le Pliocène de la Mesa, le Crétacé (étage de Chico avec *Coralliochama Orcutti* à la base) et l'Éocène (étage de Tejon); il existe un lambeau de Crétacé dans la partie méridionale de la Baie de Todos los Santos. Entre 29° 30′ et 29° 20′, d'après Emmons et Merrill, le Crétacé et l'Éocène affleurent encore vers la base des montagnes tabulaires. White a remarqué, d'après des récoltes faites près de San Diego, que les dépôts crétacés affectant des caractères

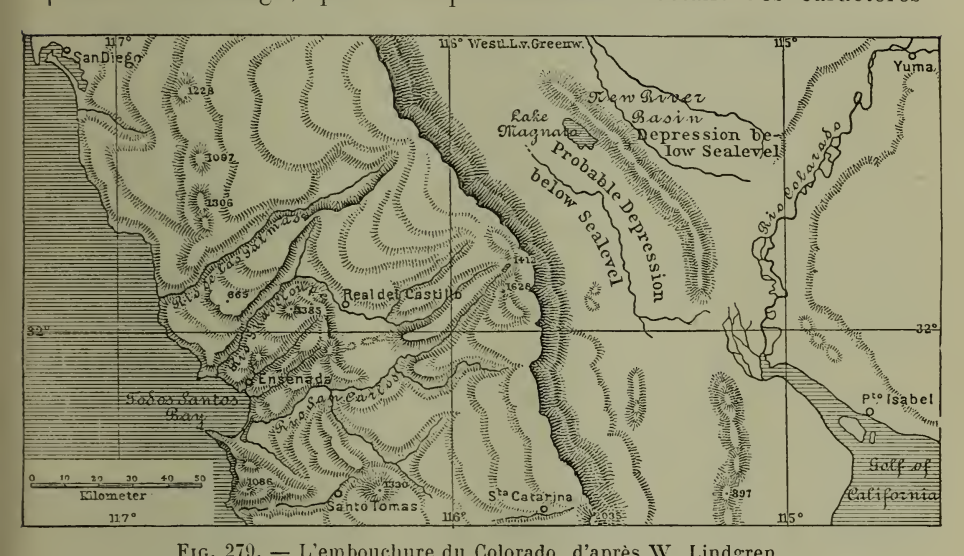


Fig. 279. — L'embouchure du Colorado, d'après W. Lindgren.

État approximatif, antérieurement à l'entrée de la mer dans la dépression située à l'Ouest du Colorado. — Échelle de 1 : 2 400 000. Hauteurs en mètres.

atlantiques (Crétacé du Texas) débordent jusqu'au versant occidental de la Sierra Madre mexicaine; tandis qu'en Californie, c'est au contraire le Crétacé de type pacifique, différent du précédent, qui domine; d'où il suit que l'étroite ligne de hauteurs de la Basse-Californie doit être considérée comme ayant joué le rôle d'un seuil de partage dans les mers crétacées[1].

Cette ligne de hauteurs est constituée, dans le Nord, le long de la côte occidentale, par une croupe granitique, avec filons de porphyre, puis

1. C. A. White, *On the Mesozoic and Cenozoic Paleontology of California* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 15, 1885, p. 30). La différence avec le Texas est, d'ailleurs, considérable; néanmoins, dans ces bancs à *Coralliochama Orcutti*, on constate une certaine ressemblance générale avec le Crétacé supérieur de la Téthys, et en particulier avec les couches de Gosau, comme White lui-même l'indique : *On New Cretaceous Fossils from California* (Ibid., n° 22, 1885, p. 9).

par une série d'effondrements qu'on désigne sous le nom d' « Interior Valleys », et enfin par une large bande granitique culminante; cette dernière forme le rebord oriental de la chaîne. Des graviers fluviatiles renfermant de l'or ont été rencontrés sur la crête la plus élevée. Vers le Sud, ces montagnes s'abaissent; à l'Est, une nouvelle traînée granitique surgit de dessous les Mesas. C'est ainsi que les chaînes se relayent alternativement. Entre les chaînons granitiques apparaissent, orientées au N.W., des zones de schistes très métamorphisés; on a signalé aussi du jaspe; mais on a souvent désigné sous ce nom les schistes à Radiolaires de la Franciscan Series, dans les Coast Ranges, et peut-être s'agit-il de gisements analogues.

Le fond de la Baie de *San Sebastian Vizcaino* est formé par une large mesa, qui s'étend obliquement à travers la presqu'île.

L'Ile rocheuse de *Cedros* (Cerros, 1 205 m., de 28° 20′ à 28°) est constituée par des schistes fortement métamorphisés, des amphibolites, des serpentines et aussi du granite et du porphyre. Des coulées de basalte et des grès fossilifères y apparaissent également. La *Sierra de Santa Clara*, complètement isolée par une zone désertique, la prolonge dans la direction du S.E. jusqu'à la Punta Abrejos, près de la Baie Ballenas[1].

En dedans de cette coulisse, toute la largeur de la presqu'île se compose de mesas et de nappes volcaniques récentes. Les curieux gîtes de cuivre sédimentaires du Boléo sont, d'après Fuchs, du Miocène resté horizontal[2].

Au Sud de 25°, relié à la terre ferme par une flèche de sable, s'avance le Cap rocheux de *San Lazaro* (395 m.). A ce promontoire se rattachent, séparées de la région plate de l'intérieur par des lagunes, les Iles *Magdalena* et *Santa Margarita* (578 m.), qui sont allongées au S.E. et se montrent également constituées par des schistes très métamorphisés, de la serpentine, etc.; Lindgren y voit une seconde coulisse, semblable à celle de Santa Clara. Plaines et mesas s'étendent ensuite sur la côte orientale jusqu'à la Baie de La Paz (24° 15′), et jusqu'à Lobos Point (23° 23′) sur la côte occidentale.

L'extrême Sud de la presqu'île est élevé[3]. Le Sud-Ouest, en descendant jusqu'au *Cap San Lucas*, est, d'après Gabb et Eisen, en

1. W. Lindgren, *Notes on the Geology and Petrography of Baja California, Mexico* (Proc. California Acad. Sc., 2d ser., III, 1893, p. 25-33).

2. Edm. Fuchs, *Note sur le gîte de cuivre du Boléo, Basse-Californie mexicaine* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XIV, 1885-86, p. 79-92, pl. VI, carte); pour les laves de cette région, voir Et. Ritter, *Étude de quelques roches éruptives de la Basse-Californie* (Archives des Sc. Phys. et Nat., Genève, 3e période, XXXIII, 1895, p. 330-343).

[3. Voir E. Wittich, *Contribuciones a la Geología de la región meridional de la Baja California* (Bol. Soc. Geol. Mexicana, VI, 1909, p. XII-XIII, 5-14, 1 pl.).]

granite; le sommet de *Santa Genoveva* atteindrait 8 000 pieds [2 440 m. environ]. Cette chaîne granitique, dans les Montagnes de *Cacachilas*, tire au N.N.W., aboutissant ainsi à l'Est du chef-lieu du pays, la ville de La Paz[1]; mais les îles qu'on aperçoit ensuite, dans la même direction, sont constituées, en très grande partie du moins, par des tufs volcaniques, de même que la côte orientale, au Sud de ces îles.

La vallée du San José limite, au Sud-Est, la haute chaîne granitique; Gabb y signale des schistes cristallins. L'extrême Sud-Est de la presqu'île, la *Sierra de Trinidad* (879 m.), est, d'après les données de Eisen, en calcaire cristallin[2].

Ordoñez et Aguilera considèrent, d'accord en cela avec l'opinion jadis exprimée par Gabb, *la haute région méridionale de la Presqu'île de Basse-Californie comme le prolongement de la Sierra Madre del Sur, au Mexique, par l'intermédiaire du Cap Corrientes et des Iles Tres Marias*. Les coulisses de Santa Margarita et de Santa Clara représentent des prolongements plus lointains[3].

Les îles du Golfe de Californie me sont inconnues, à l'exception de renseignements isolés relatifs aux roches volcaniques. *Carmen* pourrait être, d'après Gabb, un fragment de la *Mesa Giganta*, dans la presqu'île. La côte orientale du golfe est représentée comme un long et formidable escarpement, situé à peu près dans le prolongement de l'escarpement oriental de la Sierra Nevada. Cette circonstance, jointe au fait que les granites, près de Todos Santos (31° 30′ à 32°, côte occidentale), sont blancs, renferment de la hornblende et ressemblent au granite récent de la Sierra Nevada, a conduit d'éminents géologues à l'hypothèse que la presqu'île serait comparable à la Sierra Nevada, le golfe correspondant alors à la ligne de dépressions de l'Owens Valley, etc. Mais les faits qui ont été rapportés ici même confirment plutôt l'autre conception, adoptée aussi par les savants mexicains : la presqu'île serait, en réalité, la continuation des Coast Ranges, et le golfe correspondrait plutôt à la vallée longitudinale du Sacramento (I, p. 799). Il est vrai que, dans la presqu'île, les couches les plus récentes ne sont pas plissées, tandis qu'elles le sont encore, par exemple, dans la

[1. E. Angermann, *Informe acerca de la Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California* (Parergones Inst. Geol. de México, I, 1904, p. 31-99, pl. V, VI, dont 1 carte géol.); E. Böse, *Sobre algunos fosiles pleistocénicos recogidos por el Sr. Dr. E. Angermann en la Baja California* (Ibid., II, 1907, p. 41-45).]

2. Gust. Eisen, *Exploration in the Cape Region of Baja California in 1894, with references to former Expeditions of the California Academy of Sciences* (Proc. California Acad. Sc., 2ᵉ ser., V, 1895, p. 733-775, en particulier p. 754, pl. LXXII-LXXV : cartes); voir une photographie dans L. Diguet, *La Basse Californie* (Annales de Géogr., IX, 1900, p. 246).

3. *Bosquejo geológico de México* (Bol. Instit. Geol. de México, nᵒˢ 4, 5 y 6. In-4°, 1897) : E. Ordoñez, *Itinerarios geológicos*, p. 51; J. G. Aguilera, *Sinopsis de Geología mexicana* (Ibid., p. 189).

Sierra Santa Monica, près de Los Angeles, et dans les autres parties de ces sierras orientées E.-W.

Rebord méridional des Plateaux du Colorado. — Comme un coin émoussé et dirigé vers le Sud, les Plateaux du Colorado s'enfoncent entre les chaînes qui, du Nord-Ouest et du Nord-Est, convergent vers le Mexique et que Dutton a comparées à des troupes de chenilles s'avançant en rampant.

Les plateaux, dans cette partie méridionale, ont été émergés, sans aucun doute, pendant une grande partie des temps mésozoïques. Depuis le bord externe des coulées de laves qui entourent le puissant cône du San Francisco (13 000 pieds [environ 3 700 m.]) jusqu'au Colorado Chiquito (Petit Colorado) et bien au delà de ce cours d'eau, on voit reposer sur le Carbonifère supérieur, d'abord des argiles d'un brun rougeâtre, contenant du sel et du gypse, puis des conglomérats, des grès et aussi un peu de calcaire (*Shinarump formation*), qui renferment les forêts fossiles de l'Arizona, si souvent citées[1]. On y a trouvé également des Bélodontes et des Labyrinthodontes[2]. Vient ensuite, principalement vers l'E. et le N.E., le grès rouge du « Painted Desert », qui s'étend jusqu'au Nouveau-Mexique et qui est enfin rejoint par des lambeaux de terrain crétacé transgressif[3].

On connaît aussi au Nouveau-Mexique, aux environs d'Abiquiu, à 80 kilomètres au Nord-Ouest de Santa Fé, une flore triasique (*Cheirolepis Münsteri*, etc.). Ce gisement se trouve dans la vallée du Rio Chama, dans la région bordière des plateaux.

Le rebord sud-occidental est formé, depuis le Grand Canyon jusque vers Fort Apache, c'est-à-dire sur une distance d'environ 400 kilomètres, par les Aubrey Cliffs : c'est un abrupt constitué par la tranche des couches du Carbonifère supérieur, qui viennent d'être signalées comme formant le substratum du Trias. Le Carbonifère supérieur est en couches horizontales; il domine, en particulier dans la Mogollon

[1. Voir Lester F. Ward, *Report on the Petrified Forests of Arizona.* In-8°, 23 p., Washington, Department of the Interior, 1900; G. P. Merrill, *The Fossil Forest of Arizona.* In-8°, 23 p., 6 phot., 1 carte (s. l.), 1911.]

[2. Voir F. v. Huene, *Kurze Mitteilung über Perm, Trias und Jura in New Mexico* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXII, 1911, p. 730-739, pl. XXXII : coupe, 2 fig.).

3. Lester F. Ward, *Status of the Mesozoic Floras of the United States, First Paper : The Older Mesozoic* (20th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1898-99, part 2, p. 211-748, pl. XXI-CLXXIX, en particulier p. 315-332); et *Status of the Mesozoic Floras of the United States; Second Paper* (U. S. Geol. Survey, Monograph XLVIII, 1905. Part, Text, p. 13-46, fig. 1-8; Part II, Plates, pl. I-IV dont 1 carte). [Sur la stratigraphie de la région méridionale des plateaux du Colorado, voir l'étude de Whitman Cross, *The Triassic Portion of the Shinarump Group, Powell* (Journ. of Geol., XVI, 1908, p. 97-123; Bibliographie), et le rapport de N. H. Darton, *A Reconnaissance of Parts of Northwestern New Mexico and Northern Arizona* (U. S. Geol. Survey, Bull. 435, 1910, 88 p., 17 pl. dont 1 carte géol., 8 fig.; Bibliographie).]

Mesa, le pays qui s'étend au Sud-Ouest. A partir de Fort Apache, des laves récentes s'avancent de plus en plus sur le bord du plateau. Par delà sa pointe la plus méridionale, la limite tourne au Nord-Est; elle atteint le Rio Grande qui, sur 300 kilomètres, sépare le plateau des Sierras; puis, au Sud d'Albuquerque, apparaissent les premiers contreforts des Montagnes Rocheuses[1].

En avant de la falaise sud-occidentale s'étend, d'après Ransome et Lindgren, sur une largeur de 110 à 200 kilomètres, une zone de montagnes qui, entre le plateau à l'Est et le Désert du Gila à l'Ouest, s'orientent d'abord au S.E., puis au S.[2]. Fort Mohave, sur le Colorado. Phoenix et Tucson jalonnent approximativement la limite occidentale de cette zone. Les crêtes atteignent jusqu'à 8 000 pieds [environ 2 440 m.], et on les rattache souvent aux Basin Ranges; cependant on n'y voit pas de plis, mais seulement des cassures. Dans le district minier de Globe (33° 15′ à 33° 30′ de lat. N., 110° 45′ à 111° de long. W.), il existe, abstraction faite de diverses roches éruptives, une série paléozoïque, y compris le Carbonifère supérieur, qui n'est traversée que par des failles d'affaissement normales[3], si bien qu'on pourrait être tenté d'y voir le rebord effondré du plateau lui-même.

1. W. M. Fontaine and F. H. Knowlton, *Notes on Triassic Plants from New Mexico* (Proc. U. S. Nat. Museum, XIII, 1890, p. 281-285); C. E. Dutton, *Tertiary History of the Grand Cañon District* (U. S. Geol. Survey, Monograph II, 1882, p. 14-15); le même, *Mount Taylor and the Zuñi Plateau* (6th Ann. Rept. U. S. Geol. Survey, 1884-'85, p. 105-198, pl. XI-XXII, dont 3 cartes, en particulier p. 118, pl. XII); C. L. Herrick, *The Geology of the Environs of Albuquerque, New Mexico* (Amer. Geologist, XXII, 1898, p. 26-43, 5 fig., pl. VI), et *Report of a geological Reconnaissance in Western Socorro and Valencia Counties, New Mexico* (Ibid., XXV, 1900, p. 331-346, pl. VIII, IX : cartes géol.). Un tableau particulier des chaînes du Sud-Ouest est donné par J. E. Spurr, *Origin and Structure of the Basin Ranges* (Bull. Geol. Soc. of America, XII, 1901, p. 217-270, pl. 20-25, dont 2 cartes et 3 pl. de coupes). [Sur la géologie du Nouveau-Mexique, voir ci-dessus, p. 1142, note 1.]

[2. Sur la géologie des chaînes désertiques qui occupent en partie l'Ouest de l'Arizona, consulter : Willis T. Lee, *Geologic Reconnaissance of a Part of Western Arizona* (U. S. Geol. Survey, Bull. 352, 1908, p. 9-80, 11 pl. dont 1 carte géol., 16 fig.); A. Johannsen, *Notes on the Igneous Rocks of Western Arizona* (Id., Ibid., p. 81-92); F. C. Schrader, *Mineral Deposits of the Cerbat Range, Black Mountains, and Grand Wash Cliffs, Mohave County, Arizona* (Id., Bull. 340, 1908, p. 53-83, 1 fig.; Bull. 397, 1909, 226 p., 16 pl. dont 1 carte géol., 37 fig.); H. Bancroft, *Reconnaissance of the Ore Deposits in Northern Yuma County, Arizona* (Id., Bull. 451, 1911, 130 p., 8 pl. dont 1 carte géol., 21 fig.). Voir aussi W. P. Blake, *Geological Sketch of the Region of Tucson, Arizona* (*in* : D. T. MacDougal, *Botanical Features of North American Deserts*; Carnegie Institution of Washington, Publ. No. 99, 1908, p. 45-68, pl. 52 : carte); C. F. Tolman, *The Geology of the Vicinity of the Tumamoc Hills, Arizona* (*in* : V. M. Spalding, *Distribution and Movements of Desert Plants*; Id., Publ. No. 113, 1909, p. 67-82, 3 pl. dont 1 carte géol., 1 fig.).]

[3. Un peu plus au Sud, sur la frontière même du Mexique, dans la chaîne des Mule Mountains (Bisbee, 110° de long. W.), on a signalé des failles-inverses, ramenant le Carbonifère sur le Crétacé; F. L. Ransome, *The Geology and Ore Deposits of the Bisbee Quadrangle, Arizona* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper No. 21, 1904. In-4°, 168 p., 29 pl. dont 2 cartes géol., 1 carte tectonique et 1 pl. de coupes, 5 fig.; voir, en particulier, p. 91 et 101-104, pl. XII, XXIII).]

Plus à l'Est également, dans le district de Clifton-Morenci (33° à 33° 15′ de lat. N., 109° 15′ à 109° 30′ de long. W.), le plissement est à peine sensible. Là, les couches crétacées s'ajoutent aux terrains antérieurs; leur allure discordante n'est point attribuée à des phénomènes tectoniques, mais à l'érosion; toutefois, elles ont été bouleversées par des intrusions plus récentes de porphyre dioritique. Des épanchements de lave moderne apparaissent dans les deux districts; de part et d'autre également, le dépôt le plus jeune qui s'étale est le puissant conglomérat du Gila. C'est une formation fluviatile, qui s'est accumulée suivant le tracé des vallées actuelles, mais à une époque où les montagnes étaient beaucoup plus élevées. Certains lambeaux se rencontrent jusqu'à l'altitude de 5 000 pieds [1 500 m. environ][1].

Ce conglomérat s'incline au S.W. dans la direction du désert. De ce désert surgissent quelques chaînes courtes et peu connues. C'est seulement dans ce faisceau qu'on pourrait supposer que se prolonge peut-être la série mésozoïque des Basin Ranges. Plus loin dans la direction du N.W., à l'Est de Cadiz, une éminence est constituée par des couches cambriennes[2].

Puis vient le cours inférieur, très déprimé, du Colorado.

Le rebord Sud-Est des Plateaux du Colorado se présente différemment. Au Sud d'Albuquerque, les Montagnes Rocheuses ont atteint leur extrémité. Par contre, la région comprise entre le cours supérieur du Rio Pecos (en descendant jusqu'à 31°) et le bord Sud-Est des plateaux possède une structure qui est déjà purement mexicaine.

Deux rangées de Sierras, orientées du N.W. au S.E., garnissent l'espace compris entre le Rio Pecos et le Rio Grande. Elles sont plissées, et elles ont été morcelées postérieurement par des failles importantes de direction S.E., qui exercent une influence considérable sur la configuration actuelle du pays[3]. La succession des couches

1. F. L. Ransome, *Geology of the Globe Copper District, Arizona* (U. S. Geol. Survey, Profess. Pap. n° 12, 1903. In-4°, 168 p., 27 pl. dont 0 cartes géol. et 2 pl. de coupes, 10 fig., en particulier p. 10, 14-16); W. Lindgren, *The Copper Deposits of the Clifton-Morenci District, Arizona* (Id., n° 43, 1905, 375 p., 25 pl. dont 3 cartes géol., 19 fig.; en particulier p. 51 et suiv.). [Voir aussi le *Geologic Atlas of the United States*, folios 111 (*Globe*), 112 (*Bisbee*), 128 (*Bradshaw Mountains*) et 129 (*Clifton*), par F. L. Ransome, T. A. Jaggar jr., Ch. Palache et W. Lindgren. Washington, 1904-1905. — Sur les conglomérats du Gila et les dépôts superficiels qui remblayent les vallées de l'Arizona, consulter les rapports de Willis T. Lee : *The Underground Waters of Gila Valley, Arizona* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply Pap. N° 104, 1904, 71 p., 9 fig., 5 pl. dont 1 carte); et *Underground Waters of Salt River Valley, Arizona* (Id., N° 136, 1905, 196 p., 23 pl. dont 1 carte géol., 25 fig.).]

2. Iron Mountain, près de Siam; N. H. Darton, *Discovery of Cambrian Rocks in Southeastern California* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 470-473, 1 carte).

3. C. R. Keyes dit que le plissement serait anté-crétacé (*Structures of Basin Ranges*, Journ. of Geol., XIII, 1905, p. 63-70, 5 fig.); j'ai suivi les indications données par T. W. Stanton dans le mémoire de F. W. Cragin sur les Monts Malone. [Sur la structure des chaînons compris entre le Rio Pecos et le Rio Grande, voir : B. F. Hill and J. A. Udden, *Geolo-*

montre que la série sédimentaire tend à se compléter, phénomène si souvent signalé lorsqu'on pénètre dans les régions plissées [1]. Sur les puissantes assises calcaires du Carbonifère supérieur reposent les argiles rouges gypsifères du Permien (et du Trias?) du Texas; dans les Monts Malone (31° 15′, rive gauche du Rio Grande), il s'y ajoute, d'après les études de Cragin, du Jurassique à *Perisphinctes*, qui, au point de vue de l'âge, appartient au Kimeridgien ou au Tithonique et qui correspond à l'étage mexicain d'Alamitos; puis vient, avec quelques variations secondaires, la série des couches crétacées du Texas [2].

La première rangée de Sierras commence par les Monts Jicarilla (34°), qui sont situés au voisinage de l'extrémité des Montagnes Rocheuses. Elle se continue sans interruption dans la Sierra Sacramento et la Sierra Guadalupe. Puis, à partir de 31°, le plateau crétacé de Stockton franchit le Rio Pecos et passe sur sa rive Ouest; les Sierras longent les derniers contreforts des Altaïdes Occidentales (III, 2e partie, p. 660, fig. 132) et, dans la Chaîne de Santiago, elles sont recoupées par le Rio Grande.

La seconde rangée commence plus au Nord. Elle est particulièrement élevée (2 700 m.; vallées à l'altitude de 1 100 m.); pour la plus grande partie, elle est constituée par des assises calcaires du Carbonifère supérieur et par des roches volcaniques récentes. Mais à cette seconde rangée appartiennent aussi les Monts Malone, qui sont jurassiques, et au Sud-Est les Monts Quitman, dans lesquels, d'après Stanton, toute la série des couches crétacées est renversée vers l'Est.

Le Bolson, ou dépression sans écoulement vers la mer, compris entre la Sierra Sacramento, dans la rangée orientale, et la Sierra San Andreas, dans la rangée occidentale, est couvert de sel et de gypse, que

gical Map of a portion of West Texas, showing parts of Brewster, Presidio, Jeff. Davis, and El Paso Counties and South of the Southern Pacific R. R. Scale 1 inch to 5 miles (The Univ. of Texas Mineral Survey, Austin, 1904); H. W. Turner, *The Terlingua Quicksilver Deposits* (Economic Geol., I, 1905-1906, p. 265-281, 3 fig.); G. B. Richardson, *The Franklin Mountains, Texas* (Science, New York, new ser., XXIII, 1906, p. 266-267); J. A. Udden, *Report on a Geologic Survey of the Lands belonging to the New York and Texas Land Company in the Upper R Grande Embayment of Texas* (Augusta Library Publ., Rock Island, Ill., n° 6, 1907, p. 51-107, 7 pl., 1 carte), et *A Sketch of the Geology of the Chisos Country, Brewster County, Texas* (Univ. of Texas, Bull. n° 93, Science ser. n° 11, 1907, 101 p.); *Geologic Atlas of the United States*, folio 166 (*El Paso*), avec notice, par G. B. Richardson, 1909.]

[1. Voir G. B. Richardson, *Paleozoic Formations in Trans-Pecos Texas* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXV, 1908, p. 474-484, 1 fig.); G. H. Girty, *The Guadalupian Fauna* (U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 58, 1908. In-4°, 651 p., 31 pl. dont 1 carte), et *The Guadalupian Fauna and new Stratigraphic Evidence* (Annals New York Acad. Sc., XIX, 1909, p. 135-147); G. B. Richardson, *Stratigraphy of the Upper Carboniferous in West Texas and Southeast New Mexico* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXIX, 1910, p. 325-337, 2 fig.); J. W. Beede, *The Correlation of the Guadalupian and the Kansas Sections* (Ibid., XXX, 1910, p. 131-140, 3 fig.).]

2. F. W. Cragin, *Paleontology of the Malone Jurassic Formation of Texas, with Stratigraphic Notes by* T. W. Stanton (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 266, 1905, 172 p., 29 pl. dont 1 carte).

des sources ont amenés des couches rouges du Permien[1]. Le Bolson, long de 75 kilomètres, qui est situé à l'Ouest de la chaîne de Guadalupe (32° 15′ à 31°), est, d'après Hill, un fossé d'effondrement. Entre les Monts Organ et les Monts Hueco (32° 10′), on rencontre une coulée de laves récente, qui vient bien d'une distance de 50 kilomètres au Nord et qui forme un *Malpais* très difficile à franchir[2]. Près de la Sierra Vieja, au bord du Rio Grande, apparaisssent des houilles crétacées[3]. Avec des particularités analogues, ces Sierras atteignent, entre 29° 45′ et 29°, la section du cours du Rio Grande qui leur est perpendiculaire. Au delà du fleuve, elles se poursuivent à travers l'État de Coahuila jusque dans le Tamaulipas occidental[4].

Mexique[5] — Les contreforts méridionaux des Montagnes Rocheuses ont disparu. Les Plateaux du Colorado ont pris fin dans l'Arizona et le Nouveau-Mexique. Des groupes de chaînes édifiées sur le modèle des Basin Ranges, et dont la direction dominante est S.E., couvrent

1. C. L. Herrick, *The Geology of the White Sands of New Mexico* (Journ. of Geol., VIII, 1900, p. 112-128, pl. I-III, dont 1 carte). [Sur la structure des *Bolsons* et le régime de la sédimentation dans les bassins fermés du Sud-Ouest des États-Unis, voir C. R. Keyes, *Rock-floor of Intermont Plains of the Arid Region* (Bull. Geol. Soc. of America, XIX, 1908, p. 63-92, pl. 5, 7 fig.), et *Geologic Processes and Geographic Products of the Arid Region, New Mexico* (Ibid., XIX, 1908, p. 570-575, pl. 38-41); C. F. Tolman, *Erosion and Deposition in the Southern Arizona Bolson Region* (Journ. of Geol., XVII, 1909, p. 136-163, 3 fig.).]

2. R. S. Tarr, *A Recent Lava Flow in New Mexico* (Amer. Naturalist, XXV, 1891, p. 524-527, pl. 12). [Voir aussi Willis T. Lee, *Afton Craters of Southern New Mexico* (Bull. Geol. Soc. of America, XVIII, 1907, p. 211-220, pl. 3-4, dont 1 carte).]

3. T. W. Vaughan, *Reconnaissance in the Rio Grande Coal Fields of Texas* (U. S. Geol. Survey, Bull. n° 164, 1900, 100 p., 9 fig., 11 pl. dont 2 cartes).

[4. Voir G. I. Finlay, *The Geology of the San José District, Tamaulipas, Mexico* (Annals New York Acad. Sc., XIV, 1904, p. 247-318, pl. VIII-XVIII; Contrib. Geol. Department Columbia University, XI, n° 100, 1904); J. F. Kemp, *The Copper Deposits at San José, Tamaulipas, Mexico* (Trans. Amer. Inst. Mining Engin., XXXVI, 1905, p. 178-203, 3 fig. dont 2 cartes).]

[5. Voir le précieux Répertoire de Rafael Aguilar y Santillan : *Bibliografía geológica y minera de la República mexicana, completada hasta el año de 1904* (Bol. Inst. Geol. de México, N° 17). In-4°, XIII-331 p. impr. sur 2 colonnes, Mexico, 1908 : énumère 4 252 art., disposés dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs; un extrait de la 1re éd., publiée en 1898, a paru en anglais, avec additions, en 1902, sous le titre de *Bibliography of Mexican Geology and Mining* (Trans. Amer. Inst. Mining Engin., XXXII, 1901, p. 605-680; comprend une liste alphabétique des localités principales). Pour des notions générales, consulter l'ouvrage : *Le Mexique au début du XXe siècle*. 2 vol. gr. in-8°, avec 5 cartes h. t., Paris (1904); voir notamment, en tête du t. I (p. 35-80), l'*Aperçu géographique* rédigé par E. Reclus, et la carte hypsométrique à 1 : 5 000 000 placée à la fin du t. II; voir aussi le chapitre sur les *Mines et Industries minières*, dû à L. de Launay (I, p. 261-322, 1 carte). Voir, en outre, R. T. Hill, *The Geographic and Geologic Features, and their Relation to the Mineral Products of Mexico* (Trans. Amer. Inst. Mining Eng., XXXII, 1901, p. 163-178, 2 cartes dans le texte); J. G. Aguilera, *The Geographical and Geological Distribution of the Mineral Deposits of Mexico* (Ibid., XXXII, 1901, p. 497-520); le même, *Reseña del desarrollo de la Geología en México* (Bol. Soc. Geol. Mexicana, I, 1904, p. 35-117), et *Aperçu sur la Géologie du Mexique pour servir d'explication à la Carte géologique de l'Amérique du Nord* (Congrès Géol. Internat., C. R. Xe Sess., Mexico, 1906, 1er fasc., p. 227-248); J. Engerrand, *L'organisation des études géologiques au Mexique* (Revue générale des Sc., Paris, XXII, 1911, p. 602-607, 4 fig., dont 2 cartes-index).]

tout le pays : c'est le prolongement des Sierras qui ont été décrites de l'autre côté du Rio Grande. Sur le versant pacifique, la Chaîne Côtière venant du Nord-Ouest se continue, par l'intermédiaire de la Basse-Californie et des Iles Tres Marias, dans la Sierra Madre del Sur; celle-ci forme un grand arc de cercle, concave au N.E., qui enveloppe toutes les Sierras du centre.

Il y a vingt ans, on distinguait encore dans toute la largeur du Mexique une Sierra Madre Occidental, une Meseta Central et une Sierra Madre Oriental. En 1890, Heilprin a montré que l'ensemble de ce territoire représentait une région plissée, dont les inégalités, dans la Meseta Central, avaient été nivelées sur de vastes étendues par des épanchements volcaniques[1]. Grâce aux résultats importants obtenus par le Service géologique mexicain et surtout aux exposés synthétiques d'Aguilera, on peut dès à présent conclure qu'il n'existe pas de Sierra Madre Oriental, mais que les Sierras du centre vont en s'abaissant vers la côte atlantique et achèvent librement leur cours. Il n'existe pas non plus de faille bordière en arc de cercle, du côté du Golfe du Mexique[2].

Considérons d'abord la série sédimentaire.

Les dépôts marins paléozoïques sont rarement visibles. Dumble mentionne encore dans l'aire de drainage du Yaqui, en Sonora, et dans la direction d'Hermosillo, des quartzites redressés, ainsi qu'un calcaire grenu et des schistes; sur la tranche de ces couches repose, en discordance, le Silurien supérieur à *Cyathophyllum* et à *Heliolites*[3]; mais, en dehors de ces gisements du Nord-Ouest, on ne connaît pas de fossiles paléozoïques, jusqu'à ce que le calcaire carbonifère supérieur reparaisse à une grande distance au Sud.

Dans le Sonora, en particulier près de Los Bronces (à l'Est de

1. Ang. Heilprin, *The Geology and Paleontology of the Cretaceous Deposits of Mexico* (Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1890, p. 445-469, pl. XII-XIV). [Les mêmes conclusions ont été également formulées, depuis, par les auteurs suivants : Em. Böse, *Zur Frage der Entstehung des sogenannten mexikanischen Zentralplateaus* (Neues Jahrb. f. Min., 1908, II, p. 114-135, pl. XI, XII : phot., 6 fig. dans le texte): R. T. Hill, *Growth and Decay of the Mexican Plateau* (Engineering and Mining Journ., New York, LXXXV, 1908, p. 681-688, 12 fig.); E. H. Dunikowski, *Z Veracruz do stolicy Meksykánskiej* (Kosmos, Lemberg, XXXV, 1910, p. 12-43, 3 pl. phot.).]

2. J. G. Aguilera, *Sinopsis de Geologia mexicana* (*Bosquejo geologico de Mexico*; Bol. Inst. Geol. de Mexico, nos 4, 5 y 6. In-4°, 1897, p. 187-250, 1 carte géol.); du même, *Sobre las condiciones tectónicas de la Republica Mexicana*. In-8°, 34 p., Mexico, 1901.

3. E. T. Dumble, *Notes on the Geology of Sonora, Mexico* (Trans. Amer. Inst. Mining Eng., XXIX, 1899, p. 122-152). [Voir aussi E. Angermann, *Apuntes sobre el Paleozoico en Sonora* (Parergones Inst. Geol. de Mexico, I, 1904, p. 81 90, pl. IX : carte géol.); G. P. Merrill, *Mineral Resources of Sonora*. Reprinted from the *Mining and Scientific Press* of San Francisco, California, by authority of the Governor of Sonora, Mexico. In-8°, 23 p., 1 pl., 1908; S. F. Emmons, *Cananea Mining District of Sonora, Mexico* (Economic Geology, V, 1910, p. 312-356, pl. II : carte).]

Tecoripa), dans le district houiller de Santa Clara et plus loin dans la direction d'Hermosillo, il existe, reposant sur un substratum tantôt paléozoïque peut-être, tantôt précambrien [1], des conglomérats et des grès, avec veines de houille exploitable, renfermant une flore mésozoïque : c'est l'étage de Barranca de Dumble [2]. Plus au Sud, ces couches reposent sur le terrain primitif, raboté par l'érosion. Aguilera les signale sur de nombreux points du Sonora et des États de Puebla et d'Oaxaca [3].

Il semble que cet étage suive la direction des roches anciennes qu'on observe dans l'Ouest et dans le Sud. On connaît aussi dans le Honduras des couches à plantes fossiles analogues, qui paraissent reposer sur le calcaire carbonifère supérieur [4].

Cette flore a été souvent considérée comme rhétienne; toutefois, comme on a souligné ses affinités avec celle d'Abiquiu, de la Caroline du Nord et de Richmond, et comme des descriptions plus précises font défaut, il reste à savoir s'il ne conviendrait pas de la rapporter plutôt au Keuper. Dans les deux cas, il s'ensuit que les régions précitées étaient exondées pendant une partie de l'époque triasique. Les traces de Mollusques que Gabb a décrites comme provenant de Los Bronces sont trop douteuses pour ébranler cette manière de voir [5].

La situation est différente dans l'intérieur du pays. Burckhardt et Scalia ont fait connaître une faune carnienne provenant de Zacatecas; quelques espèces (*Sirenites*, *Juvavites*) sont très voisines de celles qui caractérisent le Trias californien [6].

[1. Sur les formations cristallophylliennes du Mexique, voir l'excellent exposé critique de C. R. Van Hise and C. K. Leith, *Pre-Cambrian Geology of North America* (U. S. Geol. Survey, Bull. 360, 1909, p. 754-768); voir aussi E. Ordoñez, *Las rocas arcaicas de Mexico* (Mem. Soc. Cientif. « Antonio Alzate », XXII, 1905, p. 315-331, pl. XIV : carte), et *L'Archaïque du Cañon de Tomellin* (Guide des Excursions, Xe Congrès géol. Internat., Mexico, 1906, V, 30 p., 1 pl.; renferme une Bibliographie).]

2. E. T. Dumble, mém. cité, et *Triassic Coal and Coke of Sonora, Mexico* (Bull. Geol. Soc. of America, XI, 1900, p. 10-14).

3. J. G. Aguilera, *Bosquejo geologico de Mexico*, p. 202. [Sur les dépôts rhétiens et liasiques de l'État d'Oaxaca, voir aussi G. R. Wieland, *The Williamsonias of the Mixteca Alta* (Botanical Gazette, Chicago, XLVIII, 1909, p. 427-441); J. L. W. Birkinbine, *Exploration of Certain Iron-Ore and Coal-Deposits in the State of Oaxaca* (Trans. Amer. Inst. Mining Eng., XLI, 1910, p. 166-188, 8 fig. dont 2 cartes géol.).]

4. J. S. Newberry, *Rhaetic Plants from Honduras* (Amer. Journ. of Sc., 3^d ser., XXXVI, 1888, p. 342-351, pl. VIII) : *Taeniopteris glossopteroides* Newb. et *Nilssonia polymorpha* Nath. De nombreuses affinités génériques rattachent cette flore à celle de Los Bronces dans le Sonora.

5. W. M. Gabb, in *Palaeontology of California*, I, 1864, p. 28 : *Panopaea Rémondii*? (pl. 5, fig. 23). Au-dessus de l'étage de Barranca, Dumble décrit, dans le Sonora, sous le nom d'étage de Lista Blanca, des laves andésitiques, qui seraient antérieures au terrain crétacé. A ma connaissance, des éruptions d'andésite datant de cette époque n'ont pas été signalées ailleurs.

6. C. Burckhardt et S. Scalia, *La Faune marine du Trias supérieur de Zacatecas* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, n° 21, 1905. In-4°, 44 p., 8 pl.). [Voir aussi M. Gutierrez Amador, *Las Capas carnicas de Zacatecas* (Bol. Soc. Geol. Mexicana, IV, 1908, p. 29-35, 1 pl. coupe).]

L'étage suivant est le Lias. Böse en signale des gisements à l'Est et au Sud-Est (États de Mexico, Queretaro, Hidalgo, Puebla et Vera-Cruz)[1].

On ne possède jusqu'à présent presque aucune indication sur le Jurassique moyen [2].

Nikitin a signalé pour la première fois des Aucelles au Mexique. Ant. del Castillo et Aguilera ont distingué, dans la Sierra de Catorce, un étage inférieur (étage d'Alamitos) avec nombreux *Perisphinctes*, et un étage supérieur (étage de Cieneguita) contenant des Aucelles[3]. Une étude très détaillée sur le Kimeridgien, le Portlandien et le Néocomien de la Sierra de Mazapil a été publiée par Burckhardt. Beaucoup d'espèces s'y rencontrent qui, en Europe, appartiennent à la Téthys. Au milieu de ces espèces apparaît un banc à *Aucella Pallasi*, qui se montre au-dessus de l'horizon à *Idoceras Balderum* et au-dessous de l'horizon à *Haploceras Fialar* : c'est une intercalation de la faune russe boréale. Des *Virgatites* sont signalés encore un peu plus haut[4].

Le Jurassique supérieur de Malone, sur le Rio Grande, avec ses caractères européens, a été déjà mentionné. Au Sud, dans l'État d'Oaxaca, le facies européen apparaît également avec netteté[5].

Puis vient, près de Mazapil, du Néocomien à *Holcostephanus*; ensuite des calcaires épais, une zone à *Parahoplites*, et enfin, s'avançant au loin en transgression, avec une grande puissance, le Crétacé moyen et supérieur [6]. Ce Crétacé représente, en somme, un épanouis-

1. Em. Böse, *Ueber Lias in Mexico* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., L, 1898, p. 168-175, 1 fig.).

[2. L'ingénieur T. Flores a récemment découvert, dans l'État d'Oaxaca, des Ammonites (*Stephanoceras* du groupe *Humphriesianum* Sow. et *Parkinsonia* du groupe *bifurcata* Schlotheim) qui indiquent la présence au Mexique du Jurassique moyen; T. Flores, *Datos para la Geología del Estado de Oaxaca* (Bol. Soc. Geol. Mexicana, V, 1909, p. 107-128, pl. XX, XXI : carte géol. et coupe; voir p. 113, 119, 123); ces fossiles, et quelques autres provenant de l'Etat de Guerrero, ont été déterminés par C. Burckhardt (Centralblatt f. Min., 1910, p. 622 et 662).]

3. S. Nikitin, *Einiges über den Jura in Mexico und Centralasien* (Neues Jahrb. f. Min., 1890, II, p. 273-274); A. del Castillo y J. G. Aguilera, *Fauna Fossil de la Sierra de Catorce, San Luis Potosi* (Bol. Comision Geol. Mexic., I, 1895, 56 p., 24 pl.); Felix, *in* J. Felix und H. Lenk, *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico* (3 Theile, 1890-1899), II, 1899, p. 164. [Voir aussi C. Burckhardt, *Bemerkungen über die russisch-borealen Typen im Oberjura Mexikos und Südamerikas* (Centralblatt f. Min., 1911, p. 477-483 et 771-773).]

4. C. Burckhardt, *Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa* (Guide des Excursions Xe Congrès Géol. Internat., Mexico, 1906, XXVI, 40 p., 2 cartes géol., 1 pl. de coupes, 14 pl. phot.), et *La faune jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du Crétacique inférieur* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, n° 23, 1906. In-4°, 216 p., 43 pl.). [Voir aussi C. Burckhardt, *Sobre las rocas fosforíticas de las Sierras de Mazapil y Concepción del Oro* (Parergones Inst. Geol. de Mexico, II, 1907, p. 63-67, pl. IV : carte).]

5. J. Félix, *Versteinerungen aus der mexicanischen Jura- und Kreide-Formation*; mém. cité, III, 1891 (Palæontographica, XXXVII), p. 140 et suiv.

[6. Voir E. Böse, *Excursion au Cerro de Muleros* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Int., 1906, XX, 24 p., 1 carte géol., 1 pl. de coupes, 4 pl. phot.), et *Monografía geológica y paleontológica del Cerro de Muleros cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, y Descripción de la fauna cretácica de la Encantada, Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, N° 25. In-4° : Texto, VI-193 p.; Atlas, carte géol., 1 pl. coupes, 48 pl. fossiles, 1910).]

sement du Crétacé du Texas. et il entre pour une part importante dans la constitution des Sierras plissées du Mexique central [1].

Nulle part l'Éocène ni le Miocène marins ne pénètrent profondément à l'intérieur des terres [2].

Au-dessus des reliefs constitués par les calcaires crétacés, des centaines de bouches éruptives, dont le plus grand nombre ne sont plus reconnaissables aujourd'hui, ont étalé des laves et des cendres, probablement depuis le milieu de l'époque tertiaire. L'Ouest, en particulier, supporte d'énormes accumulations de produits acides [3].

La série des roches se termine avec les volcans actuels, qui comptent parmi les plus puissants de la Terre [4]; le Pic d'Orizaba (fig. 280) [5]

[1. Voir C. Burckhardt, *Neue Untersuchungen über Jura und Kreide in Mexico* (Centralblatt f. Min., 1910, p. 622-631, 662-667), et *Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico en México* (Parergones Inst. Geol. de Mexico, III, 1910, p. 281-301); Em. Böse, *Neue Beiträge zur Kenntnis der mexikanischen Kreide* (Centralblatt f. Min., 1910, p. 616-622, 652-662), et *Nuevos datos para la Estratigrafía del Cretácico en México* (Parergones Inst. Geol., III, 1910, p. 257-280); E. Angermann, *Explicación del Plano geológico de la región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango* (Ibid., II, 1907, p. 5-14, pl. I : carte géol.); C. Burckhardt, *Estudio geológico de la región de San Pedro del Gallo, Durango* (Ibid., III, 1910, p. 307-357, pl. XLIX-LI, dont 1 carte géol., 9 fig.), et *Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, Durango* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, n° 29, 1912. In-4°, VIII-264 p. et Atlas de 46 pl.).]

[2. Voir Em. Böse, *Sobre algunas faunas terciarias de México* (Bol. Inst. Geol. de Mexico. n° 22. In-4°, 97 p., 12 pl. Mexico, 1906 : Isthme de Tehuantepec, Tuxtepec Oax., Sa Maria Tatetla V. C.); J. D. Villarello, *Algunas regiones petrolíferas de México* (Ibid., n° 26. In-4°, 120 p., 3 pl. cartes géol. Mexico, 1908 : littoral du Golfe du Mexique et région Nord de l'Isthme de Tehuantepec); le même, *El Pozo de Petróleo de Dos Bocas, Estado de Veracruz* (Parergones Inst. Geol. de Mexico, III. 1909, p. 5-112, pl. I-XXXVII, dont 1 carte géol.).]

[3. Voir F. N. Guild, *Notes on some Eruptive Rocks in Mexico* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXII, 1906, p. 159-175, 6 fig.).]

[4. Voir J. C. Aguilera, *Les volcans du Mexique dans leurs relations avec le relief et la tectonique générale du pays* (Congrès Géol. Internat., C. R. Xe Sess., Mexico, 1906, 2e fasc., p. 1155-1168, 2 cartes h. t. à 1 : 5 000 000); G. Mercalli, *I Vulcani attivi della Terra*. In-8°, Milano, 1907, p. 347-351; K. Schneider, *Die vulkanischen Erscheinungen der Erde*. In-8°. Berlin, 1911, p. 208-215; H. M. Cadell, *Some Old Mexican Volcanoes* (Scottish Geogr. Mag., XXIII, 1907, p. 281-312, 26 fig., 2 pl. cartes); B. Hobson, *The Volcanoes of Mexico* (Ibid., XXIII, 1907, p. 25-27); H. F. Cleland, *Some little-known Mexican Volcanoes* (Popular Sc. Monthly, New York, LXXI, 1907, p. 179-187, phot.); B. de Inkey, *Des Volcans du Mexique* (Abrégé du Bull. Soc. Hongroise de Géogr., Budapest, XXXVI, 1908, suppl., p. 151-161, 6 fig.); A. Dannenberg, *Beobachtungen an einigen Vulkanen Mexikos* (Verhandl. Naturhist. Ver. Preuss. Rheinl., LXIV, 1907, p. 97-133, pl. II, III : phot.); A. Melgareio, *The Greatest Volcanoes of Mexico* (Nat. Geogr. Mag., Washington, XXI, 1910, p. 741-760, 22 fig.). — Sur la région volcanique des environs de Mexico, voir les travaux suivants d'E. Ordoñez : *Los Xalapazcos del Estado de Puebla* (Parergones Inst. Geol. de Mexico, I, 1905, p. 295-344, pl. XV-XIX, dont 1 carte géol.); *De Mexico à Jalapa* (Guide des Excursions, Xe Congr. Geol. Internat., 1906, I, 11 p.); *De Esperanza à Mexico* (Ibid., III, 2 p.); *De Mexico à Patzcuaro et Uruapam* (Ibid., VIII, 18 p., 1 pl. coupe); *Les Cratères d'explosion du Valle de Santiago* (Ibid., XIV, 8 p., 1 pl. carte); J. G. Aguilera, *De Mexico à Tehuacan* (Ibid., IV, 17 p.); E. Böse, *Ueber eine durch vulkanischen Druck entstandene Faltungszone im Tal von Mexiko* (Neues Jahrb. f. Min., 1909, I, p. 28-42, pl. VII-X : phot.); J. D. Villarello, *Las aguas subterráneas en el borde meridional de la Cuenca de México* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, n° 28. In-4°, 88-VI p., 12 pl., 1 carte topogr. et géol., Mexico, 1911).]

[5. E. Angermann, *Observaciones geologicas en una ascension al Citlatpetl (Pico de Orizaba)*. (Mem. Soc. Cientif. « Antonio Alzate », XXI, 1904, p. 365-369, pl. VII : phot.); P. Waitz,

1. Calcaires et schistes plissés (terrain crétacé);
2. Plateau servant de socle au volcan;
3. Pic d'Orizaba;
4. Tufs volcaniques, etc. (Pliocène);
5. Grande coulée de boue;
6. Coulée de lave;
7. Plaine côtière.

Mx. Direction de Mexico;
V.C. Direction de Vera Cruz;
O. Ville d'Orizaba;
A. Gorge d'Atoyac;
M. Gorge de Metloc;
I. Infernillo.

Fig. 280. — Le Pic d'Orizaba vu du Sud-Est, d'après un croquis de W. M. Davis.

mesure 5 549 mètres, le Popocatepetl 5 450 mètres, l'Iztaccihuatl 5 280 mètres[1]; le Nevado de Toluca[2] et plusieurs autres dépassent 4000 mètres. Il en est, comme le Colima[3], qui ont été en pleine activité à une époque récente; le Jorullo (fig. 281), avec ses quatre bouches d'éruption, qui se succèdent sur une ligne E.N.N.[4], ne s'est formé qu'en septembre 1759, ou du moins s'est plus largement développé à cette époque.

Sur le versant Ouest de la *Sierra Madre Occidental*, dans le Sonora, on a déjà signalé des roches anciennes, du Silurien, et l'étage de Barranca (Trias) avec ses veines de houille; des lambeaux de calcaire crétacé et des déjections volcaniques recouvrent une grande partie de cette infrastructure. Dans la direction du Sud, les produits volcaniques augmentent rapidement. La coupe transversale que Weed a menée depuis Parral (au Sud-Ouest de l'État de Chihuahua) dans la direction de l'W.S.W., jusqu'au cours inférieur du Rio Sinaloa, ne permet guère d'apercevoir les sédiments énergiquement plissés que dans les avant-monts de l'Ouest et dans les parties profondes du rebord oriental de la Sierra, et cela sur de faibles étendues. Au lieu d'une chaîne de montagnes véritable, on ne voit qu'une plate-forme déchiquetée par l'érosion, d'une altitude d'environ 2 500 mètres, allant même dans ses parties les plus élevées jusqu'à 3 200 mètres, et qui, vers l'Est, s'incline progressivement jusqu'au haut plateau de l'intérieur; vers

Observaciones geológicas acerca del Pico de Orizaba (Bol. Soc. Geol. Mexicana, VII, 1910, p. 67-76, pl. VIII-XI). Pour un autre grand volcan situé dans le voisinage, au Nord, voir E. Ordoñez, *El Nauhcampatepetl ó Cofre de Perote* (Ibid., I, 1904, p. 151-168, pl. IV-VII : phot.).]

[1. Ch. A. Gilchrist, *A recent ascent of Ixtaccihuatl* (Bull. Géogr. Soc. Philadelphia, V, 1907, p. 141-145, 3 pl.), et *Climbs on Popocatepetl and Ixtaccihuatl* (Appalachia, XI, 1907, p. 197-211, pl. XXI-XXIV, dont 1 carte); E. O. Hovey, *Volcanoes of Colima, Toluca, and Popocatepetl* (Bull. Geol. Soc. of America, XVIII, 1907, p. 635, pl. 64, 65 : phot.); W. Freudenberg, *Geologische Beobachtungen im Gebiete der Sierra Nevada von Mexiko* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXI, 1909, Monatsber., p. 254-274, 6 fig.).]

[2. E. Ordoñez, *Le Xinantecatl ou Volcan Nevado de Toluca* (Mem. Soc. Cientif. « Antonio Alzate », XVIII, 1902, p. 83-112, pl. V-IX : phot.); T. Flores, *Le Xinantecatl ou Volcan Nevado de Toluca* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, IX, 16 p., 4 pl. phot.); P. Waitz, *Excursion geológica al Nevado de Toluca* (Bol. Soc. Geol. Mexicana, VI, 1909, p. 113-117, 1 pl. phot.).]

[3. J. M. Arreola, *The recent Eruptions of Colima* (Journ. of Geol., XI, 1903, p. 749-761, 8 fig.); E. Ordoñez, *Les dernières éruptions du volcan de Colima* (Mem. Soc. Cientif. « Antonio Alzate », XX, 1903, p. 99-104, pl. III, IV); P. Waitz, *Le volcan de Colima* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XIII, 28 p., 1 carte, 3 pl. phot.); S. Diaz, *Efemérides del volcan de Colima* (Congrès Géol. Internat., C. R. Xe Sess., Mexico, 1906, 2e fasc., p. 763-960); V. Sabatini, *Il vulcano Colima* (Boll. R. Com. Geol. d'Italia, XXXIX, 1908, p. 279-292, 10 fig.).]

4. E. Ordoñez, *Le Jorullo* (Guide des Excursions Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XI, 55 p., 11 pl. phot., 1 carte). [Voir aussi J. Danlos, *Un volcan mexicain. Le Jorullo* (La Nature, Paris, XXXV, 1907, 2e sem., p. 107-110, 5 fig. dont 1 carte); B. Hobson, *An Excursion to the Volcanoes of Nevado de Toluca and Jorullo in Mexico* (Geol. Mag., new ser., dec. 5, IV, 1907, p. 5-13, pl. II : phot.); A. Villafaña, *El Volcan Jorullo* (Parergones Inst. Geol. de Mexico, II, 1907, p. 73-130, pl. V-XII, dont 1 carte géol.).]

l'Ouest, au contraire, se présente, un peu à l'Ouest de Guadalupe y Calvo, un escarpement élevé et très brusque. Mais cet escarpement ne correspond pas à une cassure. Il résulte simplement de la dégradation des montagnes, et la zone d'avant-monts, large d'environ 24 kilomètres, qui sépare cette falaise de la région basse du littoral, est constituée par le prolongement du substratum du grand plateau. La zone tabulaire

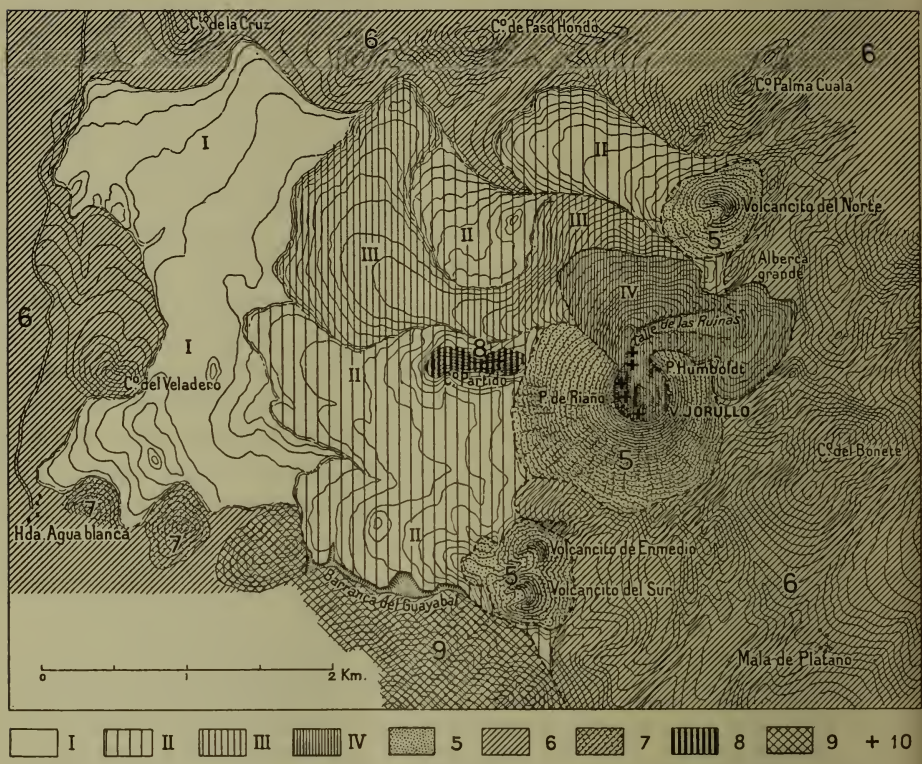


Fig. 281. — Éruptions successives du Jorullo, d'après E. Ordoñez (*Guide des Excursions du Xe Congrès Géologique International*, Mexico, 1906, nº XI; carte reprod. *Scottish Geogr. Magazine*, XXIII, 1907, p. 336).

I, II. *Malpays* formés avant les cônes par les deux premières coulées de lave et presque entièrement couverts d'une mince couche de sables volcaniques (*Hornitos* d'Alex. de Humboldt); III. Première coulée de lave sortie du cône principal; IV. Seconde et dernière coulée de lave sortie du cône principal; 5. Cônes de brèches et d'agglomérats; 6. Basaltes anciens, en partie couverts de sables volcaniques; 7. Cônes basaltiques anciens; 8. Dolérites; 9. Diorites et Monzonites; 10. Fumeroles. — Échelle de 1 : 50 000 environ.

elle-même s'est étendue jadis beaucoup plus loin dans la direction de l'Ouest.

L'histoire de ces montagnes tabulaires est la suivante : sur les sédiments plissés s'est accumulé, en nappes horizontales et grossièrement stratifiées, un puissant amas de brèches, de tufs et de laves andésitiques. Par endroits, des intrusions de monzonite se sont fait

jour. Puis l'ensemble du pays andésitique fut coupé de vallées nombreuses, en partie très profondes, à peu près de la même façon que l'est la surface topographique actuelle. Après quoi, sur toutes ces vallées et sur tout le massif andésitique, s'étendit un manteau de projections et de coulées beaucoup plus acides, constituées par des rhyolites et des dacites; ces produits volcaniques créèrent, au-dessus des anciennes tables andésitiques sillonnées de vallées, de nouveaux massifs tabulaires. Au sommet de ceux-ci apparaissent enfin, çà et là, des tables basaltiques, représentant la formation la plus récente. L'aspect actuel du pays est le résultat du travail d'érosion exécuté par les eaux, et l'on comprend, d'après la description de Weed, pourquoi, dans les avant-monts de l'Ouest, on ne signale que des andésites et pas de rhyolites[1].

Ces indications confirment la justesse de l'excellente description qu'Ordoñez avait déjà donnée, peu de temps auparavant, de l'ensemble de la Sierra et de ses rhyolites[2]. Il en résulte que la *Sierra Madre Occidental* est, en grande partie, d'origine subaérienne. Dans l'extrême Nord du Sonora, on constate encore une certaine analogie avec les chaînons morcelés de la région bordière du Désert du Gila, dans l'Arizona. Plus au Sud, les divers chaînons se resserrent plus étroitement les uns contre les autres; puis apparaît la couverture volcanique. Comme dans le Sinaloa, l'érosion d'une ancienne chaîne andésitique est reconnaissable dans les États du Durango et de Tepic, sous les rhyolites. Ces rhyolites s'étendent principalement sur la Sierra Madre Occidental; en s'éloignant dans la direction de l'Est, vers la *Mesa Central*, leurs affleurements ont une moindre extension. Dans la Sierra, elles paraissent être sorties de grandes fentes, généralement longi-

1. W. H. Weed, *Notes on a Section across the Sierra Madre Occidental of Chihuahua and Sinaloa, Mexico* (Trans. Amer. Inst. Mining Eng., XXXII, 1902, p. 444-458, 1 pl.), et *Notes on certain Mines of Chihuahua, Sinaloa and Sonora, Mexico* (Ibid., p. 396-443, 28 fig.). Des détails sur Parral sont donnés par P. Waitz, *Esquisse géologique et pétrographique des environs de Parral* (Guide des Excursions Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XXI, 21 p., 1 carte géol., 1 pl. coupes, 3 pl. phot.), et par R. Robles, *Étude minière de la « Veta Colorada » de Minas Nuevas à Hidalgo del Parral* (Ibid., XXII, 15 p., 1 pl.); Hovey décrit d'une façon analogue le district des mines de Guaynopita, à l'Ouest de Chihuahua, dans la *Festschrift* dédiée à H. Rosenbusch. In-8°, Stuttgart, 1906, p. 77-95, 2 pl.; un aperçu de l'État de Chihuahua est donné par le même, dans: *A Geological Reconnaissance in the Western Sierra Madre of the State of Chihuahua, Mexico* (Bull. Mus. Nat. Hist., New York, XXIII, 1907, p. 401-442, 13 fig., pl. XVIII-XXXV, 1 carte géol.). [Voir aussi, E. O. Hovey, *La Sierra Madre Occidentale de l'État de Chihuahua, Mexique* (Congrès Géol. Internat., Xe Sess., Mexico, 1906, 2e fasc., p. 1259-1270), et *Notes on Northern Mexico: its Deserts, Plateaus and Canyons* (Bull. Geogr. Soc. Philadelphia, IV, 1906, p. 247-270, 3 pl. phot.); A. W. Warwick, *Notes on Mining Conditions in and a Section across the Sierra Madre Mountains in Mexico* (Proc. Colorado Scientif. Soc., VIII, 1906, p. 123-155, 5 pl. dont 1 carte).]

2. E. Ordoñez, *Las Rhyolitas de Mexico* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, n°s 14-15, 1900-1901. In-4°, 78 et 76 p., 6 pl. dont 1 carte).

tudinales; sur la Mesa, au contraire, de cratères d'explosion isolés. Les *Bufas*, qui se dressent comme des colonnes en ruines, constituées par des projections à pâte rhyolitique fine, représentent sans doute en grande partie, d'après Ordoñez, le remplissage solidifié des cheminées volcaniques. La grande Bufa de Guanajuato, qui contient des blocs de granite à biotite et d'autres roches arrachés à la profondeur, et qui est entourée d'une zone de *locero*, c'est-à-dire de cornéenne, formée au contact d'un conglomérat rouge, peut être prise pour type de ce genre d'accidents.

En allant vers le Sud de l'État de Jalisco, on voit, sur la carte dressée par Ordoñez, les rhyolites disparaître; elles sont recouvertes par les laves basiques des volcans actuels; mais elles réapparaissent entre les coulées de ces derniers, par exemple au Sud de Pachuca, dans les *Navajas*, dont font partie les ruines d'une Meseta haute de plus de 3 500 mètres.

Le volcan Ceboruco et d'autres centres récents d'éruption masquent, au point de vue orographique, toute délimitation tranchée entre les massifs montagneux, dans la direction du Cap Corrientes. En cherchant dans l'aspect du pays une limite pour la Sierra Madre occidental, on a cité comme telle une rivière située beaucoup plus au Sud, le Rio de las Balsas. Mais la vallée de ce cours d'eau n'est qu'une vallée d'érosion.

Il faut considérer comme important le fait que les éruptions rhyolitiques, qui n'ont que faiblement pénétré dans la Meseta Central, à l'Est, s'incurvent à partir des États de Tepic et de Jalisco vers le S.E. et même, dans la direction de Jalapa, demeurent visibles jusque dans le voisinage de la côte orientale, au-dessous des volcans actuels et dans leurs intervalles. *La carte d'Ordoñez indique clairement que la bande volcanique ancienne de la Sierra Madre Occidental s'infléchit de façon à coïncider avec la zone des volcans actuels* (fig. 282).

La *Meseta Central* est plus élevée au Sud, à l'approche des grands pics volcaniques récents; elle s'abaisse dans la direction du Nord et atteint sa plus faible altitude (1 700 m.) dans la région sans écoulement du *Bolson de Mapimi*. C'est là que se manifeste, de la façon la plus claire, la ressemblance avec la région des Basin Ranges : effondrement fréquent des terrains plissés, sous la forme de fossés que bordent de longues cassures; manifestations volcaniques abondantes, bien que de moindre importance; absence de drainage vers la mer. En puisant dans les lettres et les esquisses que M. Edm. Naumann a bien voulu m'adresser, ainsi que dans les documents publiés par d'autres observateurs, voici ce que je peux signaler :

Dans le district de Parral, dont il a déjà été question, comme dans celui de Carmen, à la limite des États de Durango et de Chihuahua,

on se trouve encore dans le domaine des épanchements volcaniques de la Sierra Madre Occidental, dont la puissance atteint ici environ 800 mètres. Plus à l'Est vient un territoire où de longs chaînons plissés, orientés au N.W. et constitués par le terrain crétacé, sont séparés par de larges surfaces planes, qu'interrompent des collines et des murailles volcaniques.

Le plissement des calcaires crétacés atteint ici une énergie insolite.

Fig. 282. — Distribution des Rhyolites au Mexique, d'après E. Ordoñez (*Boletin del Instituto Geol. de Mexico*, n° 14, 1900, carte finale).

Échelle de 1 : 20 000 000 environ.

Rob. T. Hill dit que dans la Sierra Almoloya (État de Chihuahua, entre Parral et Jimenez), le phénomène va jusqu'à la production de nappes de recouvrement et à la transformation des calcaires en marbres ou en schistes. On pourrait prendre cette Sierra pour un long dôme périclinal, si les extrémités des nappes plongeantes, fortement redressées, ne laissaient apercevoir ces « recumbent folds » (plis couchés). Naumann signale aussi de violents renversements vers le N.E. dans la Sierra

Cadena, longue de 60 kilomètres, dans le Nord de l'État de Durango. Cette direction du plissement règne dans toute cette contrée, de même que l'orientation uniforme au N.W. des nombreux chaînons, ainsi que des lignes de fracture. Le plissement est partout antérieur aux épanchements volcaniques de la Sierra Madre Occidental.

Au Nord-Est de la Sierra Cadena, on atteint une plaine large de

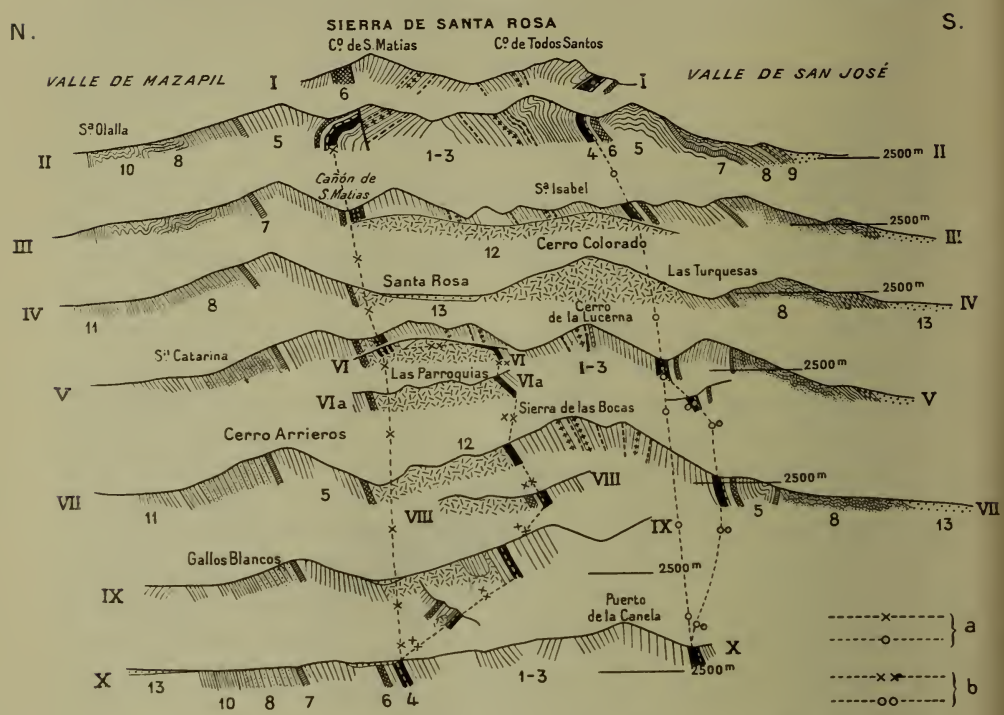


Fig. 283. — Coupes à travers la Sierra de Santa Rosa (Mexique), d'après C. Burckhardt (*Guide des Excursions du Xe Congrès Géologique International*, Mexico, 1906, n° XXVI).

Échelle de 1 : 50 000 (hauteurs et longueurs). Même légende que pour la fig. 284. — Les croix et les cercles simples (a) indiquent la direction primitive des couches kimeridgiennes et portlandiennes; les croix et cercles doubles (b) la direction actuelle des mêmes couches, modifiée par déplacement, au Sud de la masse éruptive de Las Parroquias.

25 kilomètres, puis la *Bufa de Mapimi* (2 400 m.). C'est une répétition, sur une plus petite échelle, de la Sierra Cadena; comme cette dernière, elle est en pente douce au S.W. et escarpée au N.E.; la

---

LÉGENDE DE LA FIGURE 284.

Jurassique supérieur : 1. Calcaires à Nérinées; 2. Marnes à Bivalves, et 3. Bancs de Coraux intercalés dans le n° 1; 4. Kimeridgien et Portlandien. — 5. Crétacé inférieur et moyen, en général; 6. Valanginien; 7. Marnes à *Parahoplites* (couches limitrophes entre l'Aptien et le Gault); 8. Calcaires à silex; 9. Calcaires à Gastropodes; 10. Schistes à Inocérames; 11. Schistes et grès verts (Crétacé supérieur?). — 12. Porphyres et Dacites. — 13. Dépôts modernes. — 14. Failles, fractures, zone minéralisée et filons métallifères au contact de la masse porphyrique de Santa Rosa. — 15. Direction des coupes (I à X); 16. Direction et plongement des couches. — Échelle de 1 : 66 000 environ.

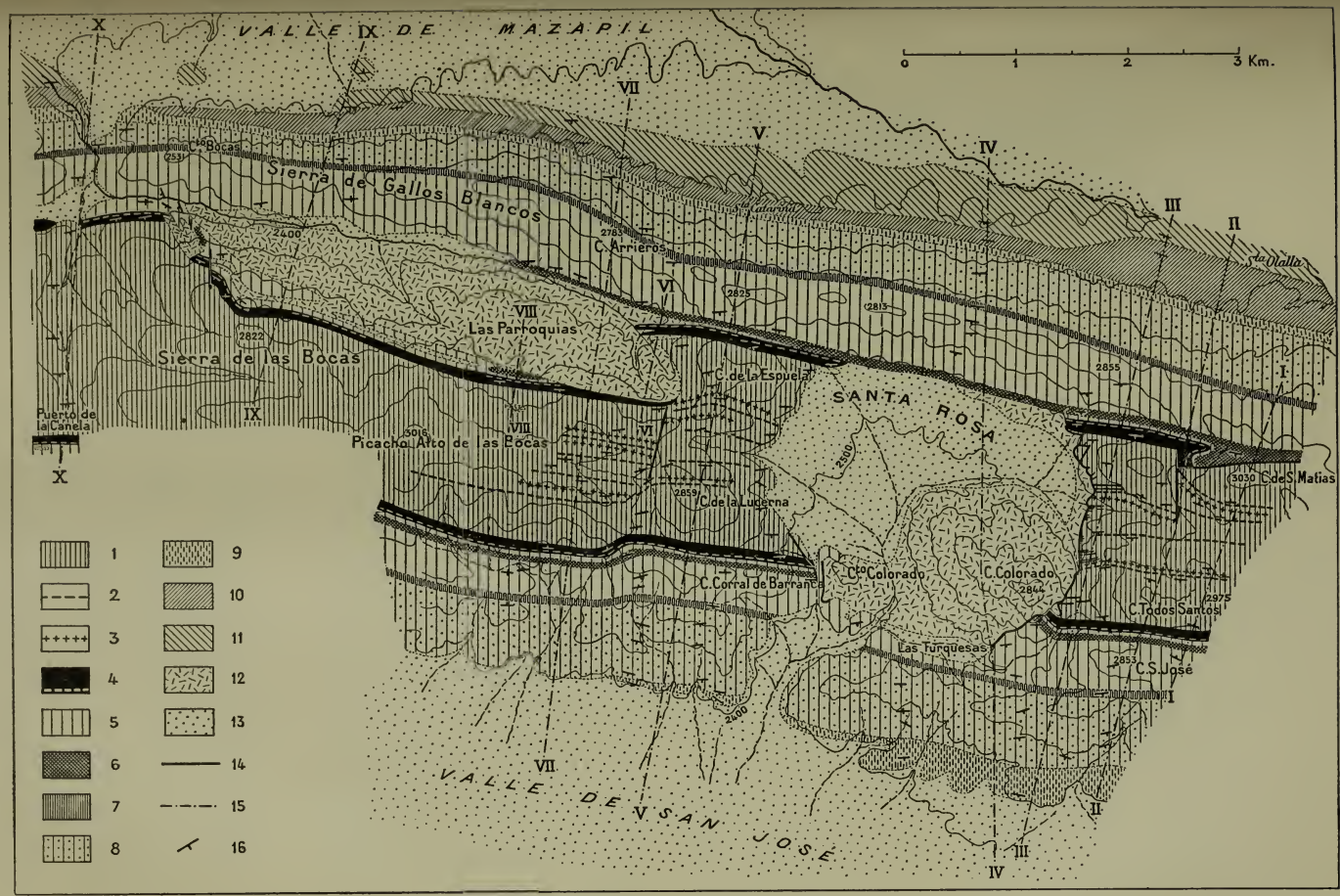


Fig. 284. — Carte géologique de la Sierra de Santa Rosa (Mexique), d'après C. Burckhardt (*Guide des Excursions du Xe Congrès Géologique International*, Mexico, 1906, n° XXVI).

dénivellation, du côté du N.E., atteint 700 mètres, et, au fond d'une dépression qui a l'allure d'un fossé d'effondrement, se trouve le riche gisement minier de l'*Ojuela*. Il se présente comme une cheminée verticale d'environ 30 mètres de diamètre, qui a été fouillée par l'exploitation jusqu'à la profondeur de 500 mètres; c'est dans des cheminées de ce genre que se rencontrent les galènes aurifères et argentifères de cette contrée. Toutes ces cheminées sont en relation avec de grandes fissures. Elles paraissent être, d'après Naumann, comme les derniers échos de l'activité volcanique : il semble que les filons éruptifs aient été remplacés par ces gîtes métallifères. Au Nord-Ouest de l'Ojuela, on rencontre dans le même fossé d'effondrement une roche volcanique.

Au delà de l'Ojuela, il existe un horst de peu de longueur, la Chaîne de *Cambio*; peut-être des sédiments antérieurs au terrain crétacé prennent-ils une certaine part à sa constitution, du côté du N.E. On arrive ensuite à une nouvelle zone affaissée, large de 20 kilomètres, qui, vers le Nord, est accidentée de collines affectant la forme de chaînons; enfin, au pied d'une nouvelle Sierra, dont le flanc escarpé regarde cette fois du côté du S.W.; au delà, on atteint Bermejillo, station du Central-Mexicain.

Les roches volcaniques sont, dans cette partie orientale de l'État de Durango, liées à des failles longitudinales et viennent au jour tantôt sous forme de dykes, et tantôt par des cratères [1].

Au Sud du Bolson de Mapimi, près de Parras [2] et jusque vers Mazapil, les plis se dirigent non pas au S.E., mais à l'E.S.E. et presque de l'E. à l'W.; près de Parras et en allant vers Monterey se montre une tendance à la formation de brachyanticlinaux de forme ovale. Les Sierras métallifères des environs de Mazapil, constituées par le Jurassique et le Crétacé, doivent leurs richesses minières à des masses intrusives, qui ont pénétré dans les roches encaissantes en les digérant (fig. 283, 284) [3].

1. Voir une Lettre adressée par Em. Naumann à la Société Géologique Allemande (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., L, 1898, Verhandl., p. 106-109); et son article, intitulé : *Geologische Arbeiten in Japan, in der Türkei und in Mexico* (Bericht d. Senckenbergischen Naturforsch. Gesellsch., 1901, p. 88). Voir aussi J. D. Villarello, *Le Minéral de Mapimi* (Guide des Excursions Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XVIII, 18 p., 2 pl. cartes), et E. Böse, *Excursion aux Mines de Soufre de la Sierra de Banderas* (Ibid., XIX, 11 p.). — Pour les nappes de recouvrement de la Sierra Almoloya, voir R. T. Hill, *Geology of the Sierra Almoloya, with Notes on the Tectonic History of the Mexican Plateau* (Science, New York, new ser., XXV, 1907, p. 710-712). — Pour la Bufa, voir E. Angermann, *Sobre la Geologia de la Bufa de Mapimi, Estado de Durango* (Parergones Inst. Geol. de Mexico, II, 1907, p. 17-25, pl. II).

[2. Voir E. Böse, *Excursion dans les environs de Parras* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XXIII, 16 p., 1 carte géol., 1 pl. de coupes, 4 pl. phot.).]

3. Non par pénétration dans des cavités, comme je l'avais cru autrefois, non plus que par une part active prise au plissement. Le plissement a été, dans cet exemple, un phénomène

Les célèbres gîtes métallifères de Zacatecas et de Guanajuato ont pour origine des intrusions analogues; mais, sur ces deux points, affleure un soubassement de schistes à séricite, qui n'est pas visible d'habitude dans cette partie du Mexique. Du mémoire de Burckhardt et Scalia, il paraît ressortir que l'étage carnien du Trias, qui se montre dans cette région, est en étroits rapports avec de la spilite (*Roca verde*), qui rappelle certains gîtes alpins[1].

Tournons-nous maintenant vers ce qu'on appelle la *Sierra Madre Oriental*. Ce n'est pas une unité tectonique[2]. Il est instructif de voir comment s'y comporte le terrain crétacé. Plus au Sud, près de Cardenas, entre San Luis Potosi et Tampico, Böse a signalé dans le Sénonien inférieur, à côté d'*Exogyra costata* et de quelques autres espèces nord-américaines, la présence du facies de Gosau, qui se poursuit de la Jamaïque jusque sur le continent[3]. Ses traces ont été découvertes également entre Monterey et Saltillo et là, dans le Nord, on trouve par-dessus de la houille qui, d'après Aguilera, répond à la base du Laramie[4]. R. T. Hill, qui connaît si bien le Texas, a montré que la

indépendant, antérieur à l'intrusion : les failles sont survenues ensuite; c'est ce que montre, d'une façon particulièrement nette, la Sierra de Concepcion del Oro, dont les couches sont renversées vers le Nord (fig. 285); C. Burckhardt, *Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XXVI, 40 p., 2 cartes géol., 1 pl. de coupes, 14 pl. phot., en particulier p. 36); le même, *Géologie de la Sierra de Concepcion del Oro* (Ibid., XXIV, 24 p., 1 pl. carte et coupes). [Voir aussi E. Philippi, *Ueber junge Intrusionen in Mexiko und ihre Beziehungen zur Tektonik der durchbrochenen Schichtgesteine, nach den Forschungen von* E. Böse *und* C. Burckhardt (Centralblatt f. Min., 1907, p. 449-460, 6 fig. dans le texte); Alfr. Bergeat, *Der Granodiorit von Concepción del Oro im Staate Zacatecas (Mexiko) und seine Kontaktbildungen* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXVIII, 1909, p. 421-573, pl. VII-XXVI, dont 1 carte géol., 13 fig. dans le texte), et *La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, N° 27. In-4°, 109 p., 9 pl. phot., 13 fig., Mexico, 1910).]

1. C. Burckhardt et S. Scalia, *Géologie des Environs de Zacatecas* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XVI, 26 p., 1 carte géol., 10 pl. phot.); et J. D. Villarello, T. Flores et R. Robles, *Étude de la Sierra de Guanajuato* (Ibid., XV, 33 p., 1 carte géol., 1 pl. de coupes).

[2. Sur la structure des chaînons qui la constituent, voir E. Wittman, *The Geological and torographical features of the City of Monterey, Nuevo Leon, Mexico, and its vicinity* (The Amer. Geologist., XXXV, 1905, p. 171-176); E. Böse, *Excursions dans les Environs de Monterey et Saltillo* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XXIX, 17 p., 3 pl.), et *De San Luis Potosi à Tampico* (Ibid., XXX, 16 p., 6 fig. coupes); Tr. Paredes, *Apuntes para la Geologio de la Región Lagunera del Tlahualilo* (Bol. Soc. Geol. Mexicana, IV, 1908, p. 37-42, 5 pl. contenant 17 coupes); C. Burckhardt e J. D. Villarello, *Estudio geologico de los alrededores de una parte del Río Nazas en relacion con el proyecto de una presa en el cañon de Fernandez* (Parergones Inst. Geol. Mexico, III, p. 117-135, pl. XXVIII-XXXVI, dont 1 carte géol.); F. L. Nason, *Some phenomena of the folding of rock strata* [Nuevo Leon] (Economic Geology, IV, 1909, p. 421-437, 4 fig.).]

3. E. Böse, *La Fauna de Molluscos del Senoniano de Cardenas, San Luis Potosi* (Bol. Inst. Geol. de Mexico, n° 24, 1906, 97 p., 12 pl.).

4. J. G. Aguilera, *Gisements carbonifères de Coahuila* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, XXVII, 17 p.). [Voir aussi E. Ludlow, *Les gisements carbonifères de Coahuila* (Ibid., XXVIII, 17 p., 1 carte géol.).]

série saumâtre de Laramie, observée aux États-Unis, se présente avec des caractères identiques dans les Sierras comprises entre le Rio Pecos et le Rio Grande, et que, de Presidio del Norte jusqu'à Tampico, c'est-à-dire presque jusqu'à 22°, cette série participe au plissement des Sierras orientales du Mexique. Nous savons par Aguilera que ces couches de Laramie s'étendent jusque dans le Nord de l'État de Coahuila.

D'après R. T. Hill, là comme dans les Montagnes Rocheuses (et aussi dans une bonne partie des Montagnes Intermédiaires), le dernier plissement s'est produit après le Laramie et avant l'Éocène. D'après un croquis donné par Hill, les poussées, près de Lampazos (à l'Ouest de Laredo, sur le Rio Grande), étaient dirigées vers l'Est. L'Éocène de Laredo renferme un fossile caractéristique, *Venericardia planicosta*[1].

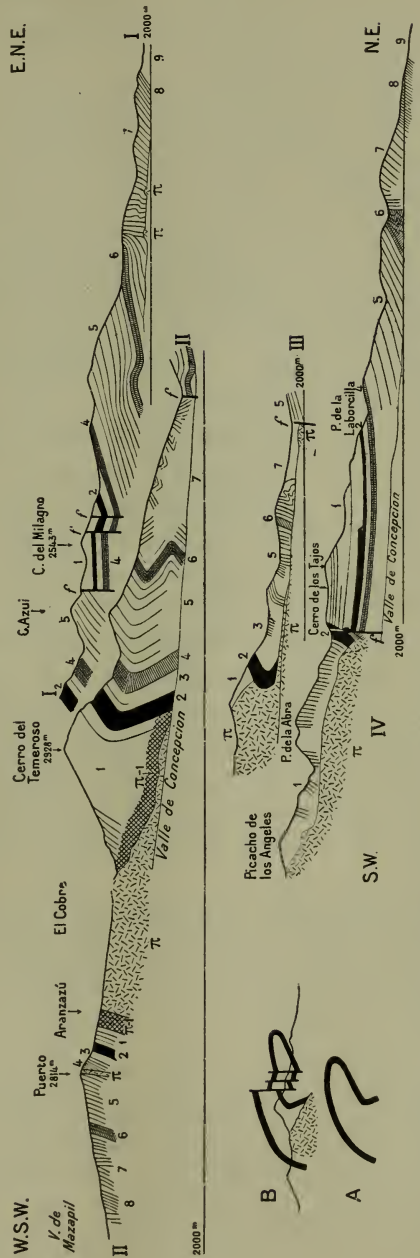


FIG. 285. — Coupe des deux versants de la Vallée de Concepcion del Oro (Mexique), d'après C. Burckhardt. (*Guide des Excursions du Xe Congrès Géologique International*, Mexico, 1906, n° XXIV).

Jurassique supérieur; 1. Calcaires à Nérinées; 2. Kimeridgien et Portlandien. — 3. Crétacé inférieur en général; 4. Couches à *Holcostephanus* (Valanginien); 5. Calcaires bleus; 6. Couches à *Parahoplites* (Aptien-Gault); 7. Calcaires à silex; 8. Schistes à Inocérames (Turonien); 9. Grès verts, schistes et argiles. — π. Porphyrite dioritique; π-1. Marbre de contact; *f*, *f*. Failles. — Échelle de 1 : 50 000 (longueurs et hauteurs). — A. Schéma du pli couché primitif; B. Le même, après l'intrusion de la porphyrite dioritique.

1. R. T. Hill, *The Cretaceous Formations of Mexico and their Relations to North American Geographic Development* (Amer. Journ. of Sc., 3^d ser., XLV, 1893, p. 307-324). [Voir aussi E. T. Dumble, *Geology of Southwestern Texas* (Trans. Amer. Inst. Mining Engin., XXXIII, 1902, p. 913-987, 1 carte

Les coupes détaillées que, dans l'État de Vera-Cruz, Böse a menées vers l'Ouest, jusqu'au pied des contreforts du Pic d'Orizaba, montrent différents étages du terrain crétacé, disposés en écailles se recouvrant dans la direction de la mer[1].

Dans l'ensemble, la *Sierra Madre Oriental*, autant du moins qu'elle est connue, est formée par les extrémités alignées de nombreux chaînons indépendants, qui sont plissés dans la direction de l'E. et du N.E. (fig. 285).

La *Sierra Madre del Sur* a une constitution différente. Commençant au Cap Corrientes, sous la forme d'une large bande de roches très anciennes, légèrement concave vers le Nord, elle se dirige vers l'E.S.E. à travers les États de Michoacan, Guerrero, Oaxaca, l'Isthme de Tehuantepec et le Chiapas. C'est sans aucun doute la ligne directrice la plus importante du Mexique.

Aguilera et Böse ont présenté en 1900, au Congrès géologique de Paris, un profil tracé d'Acapulco à Vera-Cruz; on y voyait, près d'Acapulco, une zone de gneiss et de micaschistes, large d'environ 70 kilomètres, puis du Crétacé, puis une seconde zone de gneiss et au-dessus du Tertiaire lacustre; de nouveau revenaient le Crétacé et les micaschistes, et sur le plateau (2 000 m.) de grands dépôts de gypse, puis des roches éruptives récentes, en particulier de l'andésite, des traces de Trias à empreintes végétales, encore une fois des gneiss, peut être en partie plus récents, puis du granite près d'Ocatlan et de nouveau du Crétacé.

Le profil que Felix et Lenk ont tracé vers le N., à partir de Puerto Angel, dans l'État d'Oaxaca, en passant par la Sierra de Cimaltepec et la Sierra de Ejutla, donne une très grande largeur à la chaîne méridionale, qui est la plus importante, et dont la hauteur dépasse 3 000 mètres[2].

Ainsi, la Sierra Madre Occidental est un massif volcanique tabulaire, qui recouvre presque complètement une chaîne plissée sous-jacente et qui s'infléchit vers la Sierra Madre del Sur. La Meseta Central est une région plissée et effondrée, construite sur le modèle de la région des

géol. et 2 coupes dans le texte), et *Tertiary Deposits of North-Eastern Mexico* (Science, New York, new ser., XXVII, 1908, p. 273; XXXIII, 1911, p. 232-234).]

1. Em. Böse, *Geología de los Alrededores de Orizaba con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de Mexico* (Bol. Inst. Geol de Mexico, n° 13, 1899. In-4°, 53 p., 3 pl.); du même, *Ein Profil durch den Ostabfall der Sierra Madre Oriental von Mexico* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LIII, 1901, p. 173-210, pl. VII).

2. J. Felix und H. Lenk, ouvr. cité, II, 1893, p. 1 et suiv., pl. V.

LÉGENDE DE LA FIGURE 286.

1. Directrices orographiques; 2. Tracé de l'escarpement méridional; 3. Alignements volcaniques; 4. Volcans. — Échelle de 1 : 8 000 000.

FIG. 286. — Traits généraux de l'orographie du Mexique Central, d'après J. Felix et H. Lenk (*Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch.*, XLIV, 1892, pl. XIX).

Basin Ranges. La Sierra Madre Oriental se compose des extrémités des chaînons plissés de la Meseta Central. La Sierra Madre del Sur est, au contraire, une large zone de gneiss et d'autres roches anciennes légèrement arquée.

En avant de la Sierra Madre del Sur s'étend obliquement, à travers tout le Mexique, la zone des volcans récents, large de 70 à 100 kilomètres. Leurs laves sont des andésites et des basaltes. Les produits de leurs éruptions ont considérablement élevé le pays environnant.

Humboldt pensait que ces volcans s'étaient édifiés sur une fracture transversale. Felix et Lenk, qui ont parcouru le Mexique en 1888 et 1889, ont proposé une interprétation un peu différente : de l'existence d'un abrupt qui, venant de l'Ouest, s'étend à peu près jusqu'au Popocatepetl et limite le plateau mexicain vers le Sud, ils ont conclu à une cassure ou à une faille; ils ont admis qu'une ligne d'activité volcanique dirigée E.S.E. correspond à cet abrupt; à cet alignement principal se rattacheraient, vers le Nord, un assez grand nombre de fractures secondaires, qui la rejoindraient plus ou moins à angle droit. Les plus remarquables de ces fractures seraient sans doute les deux lignes Tlamacos-Tlaxcala-Ixtaccihuatl-Popocatepetl et Cofre de Perote-Pico de Orizaba (fig. 286)[1].

Cette manière de voir soulève plusieurs objections : elle laisse de côté de grands volcans situés sur le plateau, comme le Malinche[2], puis le volcan de Tuxtla, qui est plus éloigné, ou bien elle les relègue sur des fractures secondaires; en outre, le Colima, le Tancitaro, le Jorullo et quelques autres sont situés au Sud de l'abrupt. Aussi Sapper, en 1893, n'a-t-il admis l'existence que de deux alignements principaux, l'un très allongé, au Nord, qui irait du volcan de San Juan dans l'État de Tepic jusqu'au volcan de Tuxtla, et l'autre court, au Sud, allant de la Bufa au Jorullo, mais sans aucune ligne transversale[3].

Heilprin avait constaté, en 1890, que dans l'Est près d'Orizaba, au Sud-Est jusqu'au delà de Tehuacan, et au Sud dans l'État de Morelos, les calcaires crétacés plissés apparaissent sous les produits des éruptions volcaniques, notamment sous les contreforts du Pico de Orizaba et du Popocatepetl; il concluait qu'à tout prendre, il n'existe pas de ressaut brusque, mais que les volcans se sont greffés sur les plis du terrain

1. J. Felix und H. Lenk, ouvr. cité, I, *passim*, et *Ueber die tektonischen Verhältnisse der Republik Mexico* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLIV, 1892, p. 303-323, pl. XIX, XX : carte et coupes); *Ueber die mexicanische Vulcanspalte* (Ibid., XLVI, 1894, p. 678-681), et *Bemerkungen zur Topographie und Geologie von Mexico* (Ibid., LIV, 1902, p. 426-440).

[2. Voir E. Ordoñez, *Le Metlacueyatl, Mexique* (Annales de Géogr., XVIII, 1909, p. 356-361).]

3. C. Sapper, *Ueber die räumliche Anordnung der mexikanischen Vulkane* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLV, 1893, p. 574-577, pl. XXIV : carte).

crétacé, qui se poursuivent au-dessous de leur masse [1]. Böse est, lui aussi, arrivé à des conclusions analogues. D'après son exposé, l'orientation des grands volcans serait plutôt celle des plissements crétacés, qui atteignent la Sierra Madre suivant une direction transversale. D'ailleurs, la raideur de l'escarpement aurait été très exagérée.

Il existe certains lacs-cratères auprès desquels on n'observe de fracture d'aucune espèce. Néanmoins, on ne saurait nier la possibilité de l'existence de fentes. On cite encore comme exemple, en particulier, la ligne transversale qui se termine au Popocatepetl, et Böse suppose que, suivant cette ligne, la bouche d'éruption, à partir de l'Ixtaccihuatl (4800 m.), *s'est déplacée dans la direction du Sud* jusqu'au Popocatepetl (5425 m.), en passant par un cratère intermédiaire : « Se puede con mucha probabilidad denominarla un volcán con cráter que camina », dit Böse [2]. [On pourrait, avec beaucoup de vraisemblance, l'appeler un volcan à cratère qui chemine.]

Décider de l'état des choses est rendu difficile par un grand nombre de circonstances. Avec la hauteur des volcans augmente l'étendue de la surface de base, et par suite du manteau qui recouvre l'infrastructure. Dans une zone qui a jusqu'à 100 kilomètres de large et qui partout est masquée, la libre interprétation jouit d'un champ trop vaste. Nous nous en tiendrons d'abord à un fait général, c'est qu'une zone de montagnes volcaniques se poursuit sur toute la largeur du Mexique, suivant une direction transversale.

Transversale au point de vue topographique, certainement oui. Il serait beaucoup plus difficile de prouver que cette direction est également transversale au sens tectonique. La zone volcanique est à peu près parallèle à la Sierra Madre del Sur. Böse a aussi remarqué cette circonstance. Le gneiss de la Sierra s'oriente W.N.W.; si l'on considère le Cap Corrientes comme faisant partie du rebord N.E., la direction tendrait à passer de l'W. au N. L'orientation dominante des plis crétacés n'est qu'exceptionnellement, dans le voisinage de Parras et de Mazapil, W.N.W. ou W.-E.; ailleurs règne une direction voisine de N. 30° à 40° W. C'est avec une orientation N. 30° W. que Böse les a également suivis jusqu'au-dessous des contreforts du Pico de Orizaba.

Aguilera et Ordoñez ont supposé qu'il y a dans cette rencontre de deux directions de plissement une cause à l'apparition des volcans [3]. Ces savants, qui connaissent si bien le pays, voient dans la Sierra Madre

1. Ang. Heilprin, mém. cité, p. 463 et suiv.

2. Em. Böse, *Geologia de los Alrededores de Orizaba*, passim; et *Sobre la independencia de los volcanes de grietas preexistentes* (Mem. Soc. Cientif. « Antonio Alzate », XIV, 1899-1900, p. 199-224, en particulier p. 219; résumé en allemand, p. 225-231).

3. J. G. Aguilera y E. Ordoñez, *Bosquejo geológico de México*, p. 63; E. Ordoñez, *Las Rhyolitas de Mexico*, I, p. 56.

del Sur, comme on l'a déjà dit, le prolongement de la Basse-Californie, et dans le Golfe de Californie le prolongement de la vallée du Sacramento; et ils comparent très justement, par suite, cette rencontre de deux directions de plissement à une rencontre de la Sierra Nevada et des Basin Ranges avec les Coast Ranges.

Il semble bien qu'en fait, l'orientation N. 30° W. domine au Sud jusque dans les montagnes crétacées des environs de Tehuacan, près de Cuernavaca, par exemple, dans l'État de Morelos. Mais il y a, d'autre part, des exceptions inattendues. Böse a rencontré, au Sud d'Orizaba, un anticlinal orienté N. 70° W., et il ne manque pas d'autres exemples du même genre [1]. Aussi est-il permis de se demander si les extrémités des Sierras crétacées ne s'infléchiraient pas suivant la direction de la Sierra Madre del Sur. La description qu'Aguilera a donnée de la région de Tehuacan, où le terrain crétacé et les micaschistes se présentent avec la même orientation, semble répondre à cette question par l'affirmative [2]. Mais, d'une manière générale, on ne saurait oublier qu'au Mexique, sur de grandes étendues, le Trias renfermant des plantes fossiles et différents étages du terrain crétacé reposent en place sur les roches anciennes, et que celles-ci représentent par conséquent les débris d'un édifice antérieur.

Quoi qu'il en soit, il est nécessaire de bien retenir qu'*entre les masses volcaniques de la Sierra Madre Occidental et la zone volcanique récente, aucune limite n'existe jusqu'au rivage atlantique.* Les roches anciennes de la Basse-Californie et de la Sierra Madre del Sur décrivent un arc concave vers le N.E., et les volcans, à partir du Sonora, décrivent la même courbe, avec cette distinction toutefois que ceux de l'Ouest sont éteints. Relativement à la Sierra Madre del Sur et aux roches les plus anciennes, la zone des volcans ne représente donc pas une ligne transversale, mais bien une zone longitudinale. En est-il de même des Sierras crétacées? C'est ce que pourront décider des recherches ultérieures.

Contrairement aux faits observés à Hokkaido, dans les Aléoutiennes

1. Em. Böse, *Geología de los Alrededores de Orizaba*, p. 22; — Coapa, au Sud de Tehuacan, N. 70° W.; J. G. Aguilera, *Bosquejo geologico de Mexico*, p. 84; — Zapotitlan, dans une situation analogue, N. 60° W., ibid., p. 89. — Même au Cerro de la Virgen, au Sud de Tlaxiaco (État d'Oaxaca), déjà, il est vrai, dans la région des montagnes gneissiques, le Néocomien est dirigé N. 54° E. (J. Felix und H. Lenk, *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico*, III, 1891, p. 141), et, de même, la direction N. E. domine dans les premières collines bordières, près de Jalapa (Ang. Heilprin, mém. cité, p. 460); on signale encore la direction N.E. à Totimehuacan, à peu de distance au Sud de Puebla, et la direction E.-W. un peu au Nord de ce point (J. G. Aguilera, *Bosquejo geologico de Mexico*, p. 80; de même, E. Böse, *Excursion à Chavarillo, Santa Maria Tatetla, Veracruz et Orizaba* (Guide des Excursions Xe Congrès Géol. Internat., II, 11 p., 1 pl. de coupes, *passim*).

[2. J. G. Aguilera, *Excursion de Tehuacan à Zapotitlan et San Juan Raya* (Guide des Excursions, Xe Congrès Géol. Internat., 1906, VII, 27 p., 1 tableau, 1 carte géol.).]

et aussi, comme nous le verrons plus loin, dans l'Amérique du Sud, il est plutôt étrange que des intercalations de tufs n'aient pas été signalées au Mexique dans des sédiments plus anciens, par exemple dans les couches crétacées voisines.

Succession des couches dans les Montagnes Intermédiaires. — Nous avons indiqué à plusieurs reprises comment certaines parties des Montagnes Rocheuses se prolongent en coulisses orientées au S.S.E. et comment, à l'Ouest, des éperons en forme de coulisses, dirigés au N.W., se projettent dans l'Océan Pacifique. L'élément tectonique qui a été provisoirement désigné ici sous le nom de Montagnes Intermédiaires s'individualise pour la première fois sur les bords du plateau de la Rivière du Cuivre, sous les laves du revers méridional des volcans de Wrangell et dans les Monts Skolai. C'est dans l'Archipel Alexandre que se perdent les caractères distinctifs de la Chaîne du Saint-Élie qui, du côté de l'Océan, s'étend en avant des Montagnes Intermédiaires; celles-ci comprennent désormais les affleurements de granodiorite de la Colombie et le Plateau Intérieur. Elles s'enfoncent en grande partie sous les laves du Washington et de l'Orégon, réapparaissent à la limite de l'Orégon et de l'Idaho avec les mêmes caractères, comprennent, dans le Nevada et dans l'Utah, toute la région sans écoulement qui va de la Sierra Nevada aux Monts Wahsatch, et se rétrécissent, dans l'Arizona et la Californie méridionale, entre les Plateaux du Colorado et la Chaîne Côtière du Pacifique; peut-être même s'interrompent-elles dans ces parages. Au Sud des Plateaux du Colorado, elles apparaissent à nouveau sur un large espace, et s'étendent même vers l'Est jusqu'au Rio Pecos. Les Sierras plissées s'y distinguent nettement des plates-formes du Texas, bien que les calcaires crétacés soient les mêmes dans les deux régions. Elles occupent ensuite toute la partie centrale du Mexique, jusqu'à la Sierra Madre del Sur; enfin, leur orientation ayant passé de S. ou S.S.E. à S.E., elles atteignent le rivage atlantique entre 19° et 26.

Les Montagnes Intermédiaires possèdent, en commun avec les Calédonides et les Saharides, ce caractère distinctif que leurs longs plis ne se réunissent pas pour constituer une chaîne principale. Ces plis, autant qu'on peut reconnaître une direction dominante dans leur allure, sont poussés, au Nord, vers l'W. ou le S.W., et il semble que, sous le 49e degré de latitude, ce mouvement soit encore perceptible jusque dans les parties les plus occidentales des Montagnes Rocheuses [1].

[1. Voir ci-dessus, p. 1151, note 2. — Dans le faisceau de plis qui rattache la Chaîne des Tétons aux Monts Wahsatch, un chevauchement d'une énorme amplitude vient d'être reconnu, entre Woodruff (Utah) et la région située au Nord du John Grays Lake (Idaho), sur

Encore dans la Sierra Nevada, il existe un renversement vers l'W.S.W.[1]; à partir du Mexique septentrional, on voit dominer tout aussi nettement la direction opposée, vers l'E. et le N.E. Des failles longitudinales recoupent l'édifice, qui, dans leur voisinage, se morcelle souvent en bandes allongées, et souvent aussi peut s'effondrer jusqu'à former de profonds fossés (Owen's Valley, Death Valley, Bolson de Mapimi). Des roches éruptives viennent alors au jour. Les Montagnes Intermédiaires comprennent, outre le batholithe granodioritique de la Colombie, auquel nous pourrions rattacher toute la Chaîne des Cascades, les batholithes de l'Idaho et de la Sierra Nevada. La série de leurs couches, entre le Carbonifère supérieur et le terrain Crétacé, est plus complète que dans les régions limitrophes.

Leur limite orientale pourrait être marquée, dans le Nord, par les massifs de gneiss du revers occidental des Montagnes Rocheuses: Plus au Sud, elle se traduit nettement dans l'abrupt de la chaîne des Monts Wahsatch et dans le rebord occidental des Plateaux du Colorado.

La limite occidentale paraît être indiquée, à partir de 41° 30′, par les roches cristallines de la Chaîne Côtière du Pacifique (Coast Ranges de Californie, Basse-Californie, Iles Tres Marias, Sierra Madre del Sur).

Comme elles prennent en écharpe tout le continent, depuis le rivage du Pacifique jusqu'au rivage de l'Atlantique, les Montagnes Intermédiaires nous fournissent l'occasion de considérer les rapports antérieurs de ces deux océans.

Déjà dans l'extrême Nord, dans la Chaîne Nutzotin, au Nord des Monts Wrangell, la diabase de Nikolai supporte du calcaire à Fusulines d'âge carbonifère supérieur, renfermant *Productus cora*, puis du Permien marin; il est probable que le calcaire carbonifère supérieur existe dans tout le territoire des Montagnes Intermédiaires. Il ne fait pas défaut non plus dans l'étranglement de l'Arizona. Dans la partie méridionale des Plateaux du Colorado, il est puissamment développé, et de même dans les Sierras du Rio Grande.

une longueur de 270 milles (434 km.). La surface de charriage, qui paraît elle-même avoir été plissée, et dont l'affleurement présente par suite un tracé des plus sinueux, occupe une largeur de 35 milles environ (57 km.); l'amplitude minimum du mouvement horizontal est de 12 milles (près de 20 km.); les poussées sont dirigées *vers l'E. et le N.E.* Cet accident affecte une partie au moins de la série crétacée, mais est antérieur aux conglomérats éocènes; R. W. Richards and G. R. Mansfield, *The Bannock Overthrust, a Major Fault in Southeastern Idaho and Northeastern Utah* (Journ. of Geol., XX, 1912, p. 681-709, 5 fig. dont 1 carte; Bibliographie).]

[1. Dans le Nord de la Sierra Nevada, entre le Honey Lake et Red Bluff (40° de lat. N., 121° de long. W.). J. S. Diller a décrit un grand renversement post-jurassique, compliqué de charriages secondaires, et dont le regard est tourné *vers le N.E.*; J. S. Diller, *Geology of the Taylorsville Region California* (U. S. Geol. Survey, Bull. 353, 1908, 128 p., 5 pl. dont 3 cartes géol., 12 fig.; voir, en particulier, la coupe fig. 11, p. 96).]

Au Texas, par la fenêtre ouverte à travers la plate-forme crétacée [1], on voit apparaître, sous le Crétacé de type européen, dont l'inclinaison est à l'E., le Carbonifère supérieur, faiblement incliné à l'W., et le Permien de type pacifique, en partie marin. Les couches rouges du Permien constituent encore, sous forme de larges *Playas*, la zone plate de partage des eaux entre la Rivière Canadienne et le Pecos [2], et, dans le voisinage immédiat, elles font également partie de la série sédimentaire des Sierras du Nouveau-Mexique, où elles renferment du gypse.

Il est difficile d'admettre que le Permien du Texas ait reçu sa faune de l'Est; toutefois, une jonction par la voie des Montagnes Intermédiaires n'est pas encore démontrable à l'heure actuelle.

Le Trias marin pénètre dans le domaine des Montagnes Intermédiaires par le Nord, et il y occupe une grande largeur; il atteint les Montagnes Rocheuses et parvient même jusqu'à leur rebord oriental. Aux États-Unis, J. Perrin Smith a fait connaître ses subdivisions et son extension. En partant de la mer, ce terrain s'étend dans l'intérieur des terres jusqu'à l'Idaho, puis il pénètre vers le Sud en occupant un espace de forme triangulaire. Le point le plus méridional qu'il atteigne correspond à un affleurement douteux dans la chaîne de Santa Anna en Californie (33°-34°), ce qui prouverait, en même temps, un empiètement sur les Coast Ranges; on connaît du Trias bien développé jusque dans le comté d'Inyo (36° 30′-37° 30′). La faune du Trias inférieur témoigne d'affinités arctico-pacifiques; la faune du Trias moyen comprend à la fois des formes arctiques et des formes européennes et indiennes. Le Trias supérieur, qui renferme de nombreuses espèces européennes dans l'étage carnien (zone à *Tropites subbullatus*), témoigne d'une origine indo-alpine, et surtout alpine. Néanmoins J. Perrin Smith, en raison de la connaissance moins complète que nous avons de la faune indienne, tient l'origine indienne pour la plus vraisemblable. En faveur de cette hypothèse plaiderait également le fait qu'une grande partie de la Méditerranée Occidentale est entourée de dépôts triasiques de type germanique [3].

[1. Voir Sidney Paige, *Mineral Resources of the Llano-Burnet Region, Texas, with an account of the Pre-Cambrian Geology* (U. S. Geol. Survey, Bull. 450, 1911, 103 p., 22 fig., 5 pl. dont 3 cartes géol.), et *Geologic Atlas of the United States*, folio 183 (*Llano-Burnet*), 1 : 125 000, avec coupes et notice par le même, 1912.]

[2. C. N. Gould, *The Geology and Water Resources of the Eastern portion of the Panhandle of Texas* (U. S. Geol. Survey, Water-Supply Pap. n° 154, 1906, 64 p., 15 pl. dont 4 cartes), et *The Geology and Water Resources of the Western Region of the Panhandle of Texas* (Ibid., n° 191, 1907, 70 p., 7 pl. dont 2 cartes); W. F. Cummins, *The localities and horizons of Permian Vertebrate Fossils in Texas* (Journ. of Geol., XVI, 1908, p. 737-745).]

3. J. Perrin Smith, *The Comparative Stratigraphy of the Marine Trias of Western America* (Proc. California Acad. Sc., 3d ser., 1904, Geology, I, n° 10, p. 323-412, 10 pl., en particulier pl. XL); voir aussi son étude : *The Stratigraphy of the Western American Trias*, publiée dans la *Festschrift* dédiée à Ad. von Kœnen. In-8°, Stuttgart, 1907, p. 377-434, 1 pl. (il y est égale-

Au Sud de l'étranglement de l'Arizona, le Trias supérieur apparaît à Zacatecas.

Les dépôts marins rhétiens ne sont connus ni au Nord, ni au Sud.

Le Lias est signalé sur plusieurs points des Montagnes Intermédiaires; au Mexique, il s'avance dans l'intérieur du continent, à partir de la côte atlantique, au moins jusqu'à Queretaro.

En ce qui concerne le Jurassique[1], on a signalé dans l'Alaska, et cela dans le Cook Inlet et dans le Détroit de Shelikof, l'étage callovien à *Macrocephalites* et à *Cadoceras*. Un étage isolé, qu'on peut rapprocher de l'étage oxfordien à *Cardioceras cordatum*, atteste une transgression indépendante. W. N. Logan a donné une carte de son extension[2]. En partant de l'Océan Pacifique, il descend à l'intérieur du continent jusqu'au Détroit de Juan de Fuca, et il y occupe un espace qui n'est pas sans analogie avec le périmètre du Trias, mais qui s'étend davantage vers l'Est et déborde sur les Montagnes Rocheuses. A partir du centre de l'Orégon, son domaine s'étend vers l'Est jusque dans les Black Hills du Dakota[3] et vers le Sud jusqu'à la rivière Santa Clara (Sud-Ouest de l'Utah, au voisinage de 37°). Sur ces deux derniers points, on voit les couches transgressives finir en coin entre des dépôts gypsifères et d'autres sédiments; la limite de la transgression n'est pas loin[4]. On a encore trouvé dans les Monts Wahsatch des Gastropodes et des Bivalves qui appartiennent à ce niveau[5]. Il est remarquable que cette transgression autonome soit venue du Nord-Nord-Ouest, et que les Montagnes Rocheuses ne lui aient pas servi de limite, pas plus qu'à l'époque triasique.

ment question des terrains crétacés et jurassiques). [Voir aussi les cartes paléogéographiques de Bailey Willis, Journ. of Geol., XVII, 1909, p. 404, 407 et 409 (reprod. dans l'ouvrage : *Outlines of Geologic History with especial reference to North America*. In-8°, VIII-306 p. Chicago, 1910, p. 177, 179 et 181), et les figures jointes au mémoire de Ch. Schuchert, *Paleogeography of North America* (Bull. Geol. Soc. of America, XX, 1908, pl. 86, 87, 1910).]

[1. Sur les faunes jurassiques de l'Ouest de l'Amérique Septentrionale et du Mexique, voir l'exposé d'ensemble de E. Dacqué, *Die Stratigraphie des marinen Jura an den Rändern des Pazifischen Ozeans* (Geol. Rundschau, Leipzig, II, 1911, p. 464-498, 3 fig.), et le mémoire posthume de V. Uhlig, *Die marinen Reiche des Jura und der Unterkreide* (Mitteil. der Geol. Gesellsch. in Wien, IV, 1911, p. 329-448, pl. XIII : planisphère; voir en particulier p. 342-355 et 417-435, nombreuses indications bibliographiques). Consulter en outre l'article de T. W. Stanton, *Succession and Distribution of Later Mesozoic Invertebrate Faunas in North America* (Journ. of Geol., XVII, 1909, p. 410-423).]

2. W. N. Logan, *A North American Epicontinental Sea of Jurassic Age* (Journ. of Geol., VIII, 1900, p. 241-273, 4 fig.; en particulier, p. 245).

[3. R. P. Whitfield and E. O. Hovey, *Remarks on and Descriptions of Jurassic Fossils of the Black Hills* (Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., XXII, 1906, p. 389-402, pl. XLII-LXII).]

[4. Sur les terrains secondaires des hauts plateaux de l'Utah et des régions voisines, consulter l'étude de Whitman Cross, *Stratigraphic Results of a Reconnaissance in Western Colorado and Eastern Utah* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 634-679, 11 fig.; renferme une Bibliographie).]

5. T. W. Stanton, *in* J. M. Boutwell, *Stratigraphy and Structure of the Park City Mining District, Utah* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 454).

Le terme le plus important et le plus caractéristique du Jurassique est représenté par les roches à Radiolaires qui, dans les Coast Ranges de Californie, reposent sur des terrains beaucoup plus anciens, et, dans la Sierra Nevada, par les couches de Mariposa, que l'on considère habituellement comme leur correspondant. Ces couches de Mariposa sont l'équivalent des couches à Aucelles du Jurassique supérieur de Russie.

Suivons maintenant le Jurassique au Mexique.

Le Jurassique moyen n'a pas été signalé [1]; mais d'Oaxaca au Rio Grande, le Jurassique supérieur, appartenant aux étages kimeridgien et portlandien, existe en arrière du rivage atlantique. Il s'étend jusqu'à Durango, et sur le Rio Grande (Malone) il franchit le 105e méridien.

Les études de Burckhardt au Mexique et dans les Andes montrent que, près de Mazapil (San Luis Potosi), au milieu des couches kimeridgiennes du type de l'Europe Occidentale, s'intercale un banc renfermant des Aucelles de Russie (c'est sans doute la continuation des couches de Mariposa de Californie), — qu'un *Virgatites* se rencontre encore à la base du Portlandien, — et en outre que, dans les Andes également, à l'Est du Col de Tinguiririca, *c'est-à-dire à environ 62 degrés de latitude plus au Sud*, les types russes (*Virgatites*) s'intercalent à des niveaux analogues du sommet du Jurassique supérieur.

A l'époque crétacée, le domaine pacifique et le domaine atlantique se séparent plus nettement encore, au Mexique, qu'au Jurassique supérieur [2].

Le domaine pacifique ne s'écarte guère de la côte. On le suit dans l'Alaska, aux Iles de la Reine-Charlotte, à Vancouver et sur la partie voisine du continent, dans le Sud de l'Orégon et en Californie. La série des couches commence avec le Néocomien (étage de Knoxville, *Aucella crassicollis*). Là où l'allure des dépôts est connue avec le plus de précision (revers Sud des volcans de Wrangell, Iles de la Reine-Charlotte, Coast Ranges de Californie [3]), une discordance sépare le Néocomien de son substratum.

Les étages suivants (étages de Horsetown et de Chico), sauf dans l'Alaska, où jusqu'ici on ne les connaît qu'à l'état de couches renfermant des plantes, débordent par-dessus le Néocomien, cette transgression atteignant son maximum dans l'étage de Chico (Sénonien). A partir

[1. Sur ce point, voir ci-dessus, p. 1235, note 2.]

[2. Voir les cartes paléogéographiques jointes aux mémoires de Bailey Willis et de Ch. Schuchert (pl. 90-95), déjà cités; ainsi que T. C. Chamberlin and R. D. Salisbury, *Geology*, vol. III. In-8°, New York, 1906, p. 110 et 138, fig. 379 et 388.]

3. Pour Knoxville, dans les Coast Ranges de Californie, voir R. Crandall, *The Cretaceous Stratigraphy of the Santa Clara Valley Region in California* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXIV, 1907, p. 33-54, 3 fig. dont 2 cartes).

des Iles de la Reine-Charlotte et de Vancouver, le Crétacé empiète vers le Sud dans la direction du Puget Sound; en même temps, le nombre des espèces japonaises, indiennes et européennes y augmente dans les couches supérieures.

Diller et Stanton[1] ont dressé une carte de l'extension de ces deux étages dans les régions méridionales (fig. 287). Le groupe de Horsetown s'avance dans l'intérieur des terres, en partant de la mer, au Puget Sound, puis une seconde fois entre l'embouchure de la rivière Columbia et le voisinage du Cap Blanco, et une troisième fois à partir de l'embouchure de la rivière Klamath, tout le long des Coast Ranges californiennes, jusqu'à Santa Barbara. L'étage de Chico déborde au delà des trois districts où affleure l'étage de Horsetown. Sa limite s'avance, à l'intérieur du continent, depuis le Détroit de Juan de Fuca jusqu'au delà du centre de l'Orégon; elle recule ensuite jusqu'au bord occidental de la Sierra Nevada et le suit dans la direction du Sud.

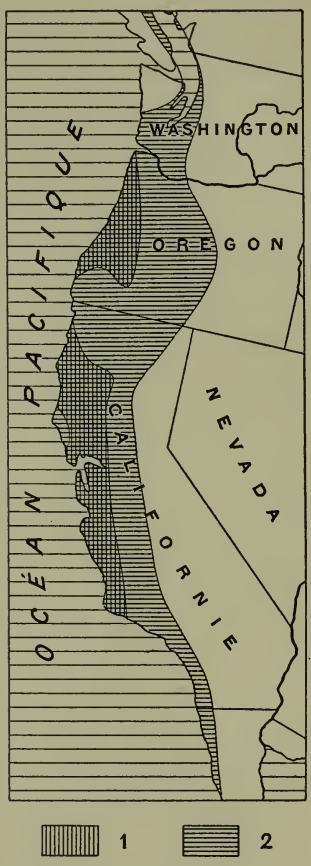


Fig. 287. — Extension des mers crétacées le long du Littoral Pacifique des États-Unis, d'après J. S. Diller et T. W. Stanton (*Bull. Geol. Soc. of America*, V, 1894, p. 454, fig. 1).

1. Couches de Horsetown; 2. Couches de Chico. Le quadrillé répond aux régions recouvertes simultanément par ces deux séries. — Échelle de 1 : 22 000 000 environ.

Le domaine atlantique du terrain crétacé se signale, de même, par la transgression des étages supérieurs. C'est au Mexique que la succession des couches est la plus complète; le Néocomien paraît s'étendre sur presque toute la largeur du pays, jusqu'au Sonora. Puis vient l'épais manteau du Crétacé moyen et supérieur, qui s'étend de l'Atlantique au Pacifique. Dans l'État de Coahuila apparaît, dans le Sénonien inférieur, le facies de Gosau à Rudistes et à Actéonelles, qui vient de la Jamaïque. L'étage saumâtre de Laramie s'avance du Nord-Est jusqu'au delà de l'État de Tamaulipas; dans le Nord de l'État de Coahuila, il recouvre les couches de Gosau.

Au Texas, les termes inférieurs ne sont représentés que par les

1. J. S. Diller and T. W. Stanton, *The Shasta-Chico Series* (Bull. Geol. Soc. of America, V, 1894, p. 454, fig. 1).

Trinity Sands, qui renferment la flore du Wealdien, et par des traces de l'étage aptien. Les plates-formes calcaires correspondent au Crétacé moyen et supérieur. De là, la transgression crétacée s'étend dans la direction du Nord, à travers la région des Prairies, jusqu'au bassin du Mackenzie; mais, à la base, le Néocomien et le Gault font défaut. Après cette avancée si lointaine de la mer, les zones concentriques des sédiments tertiaires se sont succédé sur le bas Mississipi comme pour marquer les étapes de sa retraite.

La flore des couches inférieures du Potomac[1], qu'on a suivie depuis le Maryland, à la lisière de la côte atlantique, jusque dans le Canada Occidental, et dont les traces se retrouvent peut-être même dans les couches qui affleurent au delà du Cap Lisburne, sur les bords de la Mer Glaciale, est contemporaine de la phase négative dont les marnes à Cyrènes et la flore du Wealdien sont les témoins en Europe, depuis la Vistule jusqu'aux côtes atlantiques. De tous les étages du Crétacé, il n'y a que le Sénonien à atteindre cette marge côtière dans le Maryland, de même qu'il est seul à se présenter au Groenland et seul aussi à déborder au loin dans l'Est, au delà du Lac d'Aral.

Quelque incomplète que soit la façon dont nous avons représenté l'enchaînement des deux épisodes qui viennent d'être rappelés, et, d'une façon générale, rétabli le tracé des anciens rivages, on peut cependant, grâce à ce tableau, imaginer comment un continent acquiert peu à peu son individualité. Les Montagnes Intermédiaires apparaissent dans ce tableau comme un élément tectonique original, comme une zone d'affaissement soumise à des submersions répétées plutôt que comme une chaîne continue et homogène. On pourrait tenter un rapprochement avec la Téthys, dont les faunes mésozoïques s'étendent avec une remarquable uniformité depuis l'Europe Méridionale et Centrale jusqu'aux Iles de la Sonde, tandis que les Montagnes Intermédiaires, reliant les domaines arctico-pacifique et subtropico-atlantique, groupent des éléments disparates; il est vraisemblable que, dans l'étranglement de l'Arizona, cette zone s'est trouvée interrompue à de certains moments.

Le grand botaniste Asa Gray a insisté autrefois sur ce point que les migrations des flores et des faunes continentales, qu'occasionne le climat, sont plus faciles à observer dans l'Amérique du Nord qu'en Europe[2] : les montagnes et les rivières de l'Amérique du Nord et, avec

[1. Voir le beau volume publié par le Maryland Geological Survey : *Lower Cretaceous*. In-8°, 622 p., 97 pl. dont 1 carte géol., 15 fig., Baltimore, 1911, notamment les articles suivants : W. B. Clark, A. C. Bibbins and E. W. Berry, *The Lower Cretaceous Deposits of Maryland* (p. 23-98); E. W. Berry, *The Lower Cretaceous Floras of the World* (p. 99-151), et *Correlation of the Potomac Formations* (p. 153-172). La description de la flore fossile, par E. W. Berry, occupe les p. 214-508 et les pl. XXII-XCVII.]

[2. Voir les ouvrages généraux de H. F. Osborn, *The Age of Mammals in Europe, Asia, and*

elles, les chemins qui s'ouvrent aux migrations, conservent une direction plus voisine de celle du méridien, tandis que les Alpes s'étendent de l'Ouest à l'Est. Il y a là un cas qui n'est pas sans analogie avec le précédent, et on peut en attendre maint éclaircissement sur la nature réelle des étages mésozoïques.

Enfin, il faut insister sur ce fait que, depuis l'origine des Coast Ranges californiennes, en passant par tous leurs prolongements et par la Sierra Madre del Sur tout entière, jusqu'à la côte atlantique, à l'exception d'une donnée unique relative au Sonora, on n'a signalé nulle part les sédiments paléozoïques anciens qui sont si développés dans la région orientale. L'ère paléozoïque tout entière n'est représentée que par de rares affleurements du Carbonifère supérieur, tandis qu'autre part, les sédiments mésozoïques seuls entrent en contact avec les roches cristallines. La signification de ce caractère, d'ailleurs purement négatif, augmente du fait que, par endroits, on trouve ces couches en place sur les roches cristallines; c'est le cas pour l'étage de Los Bronces, par exemple.

Des données qu'on possède jusqu'à présent, il ressort qu'au milieu des Basin Ranges, la puissante série paléozoïque ancienne de l'Est s'arrête tout à coup, vers le 117e méridien (I, p. 788). Elle s'avance ensuite dans la direction du Désert Mohave, et on a également signalé du Dévonien dans les Monts Klamath.

North America. In-8°, New York, 1910, et de R. F. Scharff, *Distribution and Origin of Life in America.* In-8°, London, 1911.]

CHAPITRE XXII

L'ÉDIFICE ANDIN; SA DOUBLE AVANCÉE [1].

Chiapas, Guatemala, Honduras. — Les volcans. — Panama. — Première avancée. Inflexion vers l'Amérique du Sud. — Ecuador, Pérou. — Cordillera Real. Chaînes Argentines. — Cordillera de los Andes et Cordillera de la Costa. — Sierra de la Ventana. — Patagonie. — Seconde avancée. — Résumé général.

Chiapas, Guatemala, Honduras. — Les États de Chiapas, de Tabasco et de Yucatan, du point de vue d'une délimitation politique, appartiennent encore au Mexique; la continuité de structure de l'Amérique Centrale apparaît plus clairement, si l'on considère ces régions concurremment avec les territoires situés plus au Sud.

Nous avons vu déjà qu'une chaîne de montagnes s'étend dans la direction du Rio Motagua à travers le Guatemala, atteint la mer sur les bords du Golfo Dulce, près d'Omoa, et se poursuit dans les Antilles. Nous avons également constaté que les Antilles se divisent en trois zones : un arc interne, volcanique, un arc médian, qui est rocheux, et un arc externe, constitué par des couches tertiaires et des sédiments encore plus récents. On pouvait croire toutefois, en se fondant sur les documents dont on disposait alors, que la région montagneuse du

[1. Traduit par Antoine Vacher. — Sur la géologie de l'Amérique du Sud, en général, consulter : G. Courty, *Explorations géologiques dans l'Amérique du Sud* (Mission scientifique G. de Créqui-Montfort et Sénéchal de Lagrange). In-8°, XIV-208 p., 50 fig., 10 pl. dont 1 carte, Paris, 1907; H. von Ihering, *Archhelenis und Archinotis. Gesammelte Beiträge zur Geschichte der Neotropischen Region.* In-8°, IV-350 p., 1 carte, Leipzig, 1907; le même : *Die Umwandlungen des amerikanischen Kontinentes während der Tertiärzeit* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXII, 1911, p. 134-176, pl. V : carte); J. D. Haseman, *Some Factors of Geographical Distribution in South America* (Annals New York Acad. Sc., XXII, 1912, p. 9-112, pl. II-XVI : cartes figurant l'extension des terrains successifs; ce mémoire renferme, p. 105-112, une importante Bibliographie); J. B. Woodworth, *Geological Expedition to Brazil and Chile, 1908-1909* (Bull. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, LVI, n° 1 (Geol. Ser., X; Shaler Memorial Ser., n° 1), 1912, p. 1-137, pl. 1-37, dont 3 cartes, 37 fig. dans le texte; Bibliographie, p. 134-137).]

Mexique se termine dans l'État d'Oaxaca et qu'au Sud de l'Isthme de Téhuantepec commence un nouvel ordre de choses (I, p. 726).

L'interruption de l'Isthme de Tehuantepec est purement orographique. Peu d'années s'étaient écoulées depuis la rédaction de ce premier exposé que déjà M. Sapper, qui dans la suite, s'est acquis tant de titres par ses explorations dans l'Amérique Centrale, m'annonçait ceci de Coban : en fait, les roches anciennes qui constituent au Mexique la Sierra Madre del Sur se prolongent, par l'Isthme de Tehuantepec et l'État de Chiapas, jusque dans les Montagnes du Guatemala [1].

De la description que Böse a donnée de l'Isthme de Tehuantepec se dégagent les faits suivants [2] :

Le passage le plus bas de l'isthme est à l'altitude de 244 mètres. De l'Ouest, c'est-à-dire de l'État d'Oaxaca, et de l'Est, c'est-à-dire de l'État de Chiapas, la Sierra Madre s'abaisse insensiblement d'une hauteur notable jusqu'à cette cote. Des montagnes de 600 à 700 mètres forment les parties les plus élevées de l'isthme. Du gneiss, des schistes anciens, du calcaire cristallin, des granites et des porphyres constituent, en partant du rivage méridional, cette bande élevée du pays, large d'environ 90 kilomètres. A ces roches sont associés des calcaires à Rudistes, qui sont plissés. Dans la direction du Nord, on rencontre ensuite des couches tertiaires [3] faiblement plissées, puis la plaine située en bordure de l'Atlantique.

Cette même Sierra Madre, qui, dans l'Isthme de Tehuantepec, est une région de collines, accompagne, avec une orientation E.S.E., la côte méridionale de l'État de Chiapas; avant d'atteindre la frontière du Guatemala, ses granites sont déjà parvenus à une altitude de 2 200 mètres. Voici quels sont, d'après Sapper et Böse, les traits fondamentaux de la structure du Chiapas (fig. 289) :

Contre le revers Nord des affleurements de roches anciennes signalées dans la Sierra Madre s'appuie, au Sud-Est, un massif très étendu de couches plissées, comprenant du grès rouge et du Carbonifère supérieur. A cette bande succède, sur toute la longueur de la chaîne,

1. La publication détaillée a eu lieu dans C. Sapper, *Sobre la Geografia fisica y la Geologia de la Peninsola de Yucatán* (Bol. Inst. Geol. Mexico, n° 3. In-4°, 57 p., 2 pl. de coupes, 4 cartes, 1896).

2. Em. Böse, *Reseña acerca de la Geologia de Chiapas y Tabasco* (Bol. Inst. Geol. Mexico, n° 20. In-4°, 116 p., 9 pl. dont 4 cartes, 1905); et *Excursions à l'Isthme de Tehuantepec* (Guide des Excursions Xe Congrès Géol. Internat., Mexico, 1906, XXXI, 40 p., 1 pl. coupe). Voir aussi G. W. v. Zahn, *Der Isthmus von Tehuantepec* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, 1907, p. 321-333 et 361-373, carte).

[3. *Zur jungtertiären Fauna von Tehuantepec.* I. *Stratigraphie Beschreibung und Vergleich mit amerikanischen Tertiärfaunen*, von E. Böse; II. *Vergleichung hauptsächlich mit europäischen und lebenden Arten*, von Fr. Toula (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LX, 1910, p. 215-276, pl. XII, XIII); *Nachträge zur jungtertiären pliocänen Fauna von Tehuantepec*, von Fr. Toula (Ibid., LXI, 1911, p. 473-486, pl. XXIX).]

et reposant tantôt sur le Carbonifère supérieur, tantôt directement sur des formations précambriennes, une zone de grès et de conglomérats (étage de Todos Santos de Sapper). C'est, selon toute vraisemblance, l'équivalent de la série triasique à plantes fossiles qu'on rencontre au Mexique (étage de Barranca de Dumble), comme dans le Honduras, superposée aux mêmes terrains. Les couches de cette série sont inclinées dans la direction du Nord, mais ne sont pas plissées.

On atteint ensuite, dans la direction du Nord, un large et haut massif montagneux, constitué par des calcaires crétacés, la *Mesa Central*; toutefois, sa partie Sud est affectée par une importante dislocation longitudinale, la *Depresión Central*. D'après les descriptions très claires de Böse, cette dépression ressemble à un fossé d'effondrement longitudinal. La partie Sud du massif calcaire, avec la Depresión, s'abaisse à une faible altitude, et les couches tertiaires y font leur apparition. Au voisinage de son rebord septentrional, la Mesa dépasse 1 000 mètres, altitude qui est atteinte par une suite de gradins escarpés, qu'on pourrait considérer comme autant de failles en marches d'escalier. Le rebord septentrional de la Mesa est également abrupt, et en avant de cette falaise, dans la région tertiaire plissée, surgissent des blocs de calcaire crétacé. Les sédiments tertiaires se montrent plissés, tandis que le calcaire crétacé est horizontal; Böse attribue ce fait, avec raison, semble-t-il, à la nature plus plastique des couches tertiaires. Celles-ci, en allant vers la mer, affectent une allure tranquille; dans la partie méridionale, l'Éocène à Nummulites est représenté.

Sapper et Böse ont rencontré sur la Mesa des lambeaux isolés de couches tertiaires marines récentes, jusqu'à l'altitude extraordinaire de 2 400 mètres. On doit admettre, par conséquent, que tout ce massif calcaire n'a été surélevé, sous la forme d'une voûte de grande amplitude, qu'à une époque tardive, et qu'ensuite il a eu à subir un affaissement en gradins.

A l'Est apparaît, au Nord de la région tertiaire plissée, entre celle-ci et la plaine atlantique, un second massif calcaire, qui passe ensuite, dans le Peten, sur le territoire du Guatemala.

A cette infrastructure du Chiapas se superposent des volcans. Le volcan Soconusco, situé, disait-on, par 15° 54′ de lat. N. et 93° 39′ de long. W., n'existe pas.

Le *Zontehuitz* (92°42′ de long. W., 2 858 mètres) représente les

---

LÉGENDE DE LA FIGURE 288.

1. Plis post-archéens; 2. Plis post-carbonifères; 3. Plis post-miocènes; 4. Principales failles post-miocènes; 5. Failles pliocènes; 6. Chaînons formés de roches éruptives récentes; 7. Volcans. — Échelle de 1 : 7 000 000.

FIG. 288. — Croquis tectonique d'une partie de l'Amérique Centrale, d'après K. Sapper (*Report of the 8th International Geographic Congress held in the United States, 1904*. In-8°, Washington, 1905, p. 232).

ruines d'un volcan andésitique, perché sur la haute Mesa crétacée; à côté de lui se dresse le Cerro de *Hueytepec*, d'aspect analogue, et il existe encore d'autres pointements andésitiques. Böse suggère une comparaison qui est digne de remarque. La Depresión Central correspondrait au Lac de Nicaragua; le Zontehuitz et le Hueytepec se dresseraient sur son rebord Nord-Ouest; les anciens volcans de San Bartolomé et de la Mispilla surgiraient au milieu du lac lui-même [1].

Le volcan *Tacaná*, situé à la frontière Sud-Est (92° 6′ de long. W., 4 057 mètres), est installé sur la Sierra Madre; jusqu'à 2 200 mètres, la montagne est constituée par du granite ancien; la hauteur de ses produits d'accumulation a été, par suite, exagérée, comme pour certains des volcans les plus septentrionaux de la Chaîne des Cascades. Ce volcan passe pour être le plus avancé au Nord-Ouest, dans la longue rangée des volcans de l'Amérique Centrale.

Les travaux de Sapper permettent en outre de reconnaître que le continent tout entier, au moins jusqu'au Costa-Rica, est occupé par une virgation ou par une succession de chaînons concaves (fig. 288), le long ou à l'intérieur desquels les alignements volcaniques de l'Amérique Centrale se succèdent d'une façon plus ou moins concordante [2].

Avant de donner un aperçu général de ces chaînes, on peut mettre à part deux régions, dont l'une s'encadre encore, à la rigueur, dans l'architecture générale, tandis que l'autre y représente un élément étranger.

La première correspond aux *Monts Cockscomb*, dans le Honduras Britannique : c'est une région de collines boisées, entourée à l'Est par la mer et de tous les autres côtés par des plaines; son altitude atteint 1 000 mètres, et ses contours sont en forme de losange; sa largeur est de 70 kilomètres et sa longueur de 90. Ce massif est constitué par du granite et du porphyre quartzifère, des schistes argileux, des quartzites et un calcaire carbonifère à Crinoïdes; la direction de ces roches est comprise entre N.E. et E. Sapper y voit un horst [3].

La seconde région est l'*Isla de Pinos*, située au Sud de la partie occidentale de Cuba. Un marbre grenu et des micaschistes grenatifères

1. Em. Böse, *Reseña acerca de la Geologia de Chiapas y Tabasco*, p. 62.

2. L'interprétation de la structure générale que nous donnons ici n'est pas conforme à celle que K. Sapper a formulée, notamment dans son mémoire : *Grundzüge des Gebirgsbaus von Mittelamerika* (Report of the 8th Internat. Geographic Congress held in the United States, 1904, p. 231-238, 1 carte des lignes directrices). En s'appuyant sur les exemples de l'Eurasie, Sapper a supposé que les arcs montagneux de l'Amérique Centrale devaient être convexes vers l'extérieur. Dès lors, le front de la Sierra Madre se trouverait sur le versant pacifique. Ici, l'on admet au contraire que ces arcs ont une structure concave, à peu près comme la partie méridionale des Appalaches; c'est ce qui résulte, avant tout, de la disposition des roches : les terrains anciens, dans l'État de Chiapas, par exemple, occupent le versant du Pacifique.

3. C. Sapper, *Über Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika* (Petermanns Mitteil., Erg.-Heft n° 127, 1899, p. 23-33 et 73). Voir aussi J. Bellamy, *Expedition to the Cockscomb Mountains, British Honduras* (Proc. R. Geogr. Soc. London, XI, 1889, p. 542-552, 1 carte).

y apparaissent avec une orientation N.-S. D'après C. W. Hayes et ses collaborateurs, il s'agirait ici de plis aigus disposés en une série d'écailles et plongeant vers l'Est (peut-être y aurait-il aussi des failles en gradins, orientées N.-S.). Cette direction et la nature des roches sont en contradiction absolue avec ce qu'on connaît des parties voisines de Cuba[1].

Si l'on excepte les deux points précédents et si l'on recherche les lignes directrices de la contrée, en se fondant sur les observations de Sapper, on arrive à un résultat qui, pour les régions situées à l'Est de l'Isthme de Tehuantepec, concorde bien avec les conjectures formulées autrefois par K. von Seebach[2] (I, p. 726).

La Sierra Madre, à partir du Sud de l'État de Chiapas, s'oriente vers l'E.S.E. et vers l'E., pour atteindre la contrée comprise entre les villes de Guatemala et de Coban (fig. 289); là, elle est désignée sous le nom de Sierra de las Minas et atteint environ 3000 mètres; puis elle s'infléchit à l'E.N.E., devient plus étroite, prend le nom de Sierra del Mico, et disparaît à peu de distance au Nord de l'embouchure du Rio Motagua.

Le long du versant Nord de la Sierra de las Minas s'étend une zone de sédiments plissés : les fossiles ont permis d'y constater la présence du Carbonifère supérieur, du Crétacé et de plusieurs étages tertiaires. Le massif paraît s'être effondré, du côté de l'avant-pays, suivant des lignes de fracture longitudinales. De longues failles en gradins recou-

1. C. Willard Hayes, T. Wayland Vaughan, and Arthur C. Spencer, *Report on a Geological Reconnoissance of Cuba made under the direction of General* Leonard Wood, *Military Governor*. In-8°, 123 p., 46 pl. : phot., coupes et cartes, Washington, 1901. Quelques indications permettent d'ailleurs de supposer que des roches du même genre existent à l'extrémité occidentale de Cuba: voir R. Adan de Yarza, *Rocas hipogénicas de la Isla de Cuba* (Bol. Comision del Mapa geol. de España, XX, 1893, p. 72).

2. Voir, pour le Guatemala : C. Sapper, *Grundzüge der physikalischen Geographie von Guatemala* (Petermanns Mitteil., Erg.-Heft n° 113, 1894, 59 p., 4 pl. cartes); le même, *Sobre la Geografia fisica, la Poblacion y la Produccion de la Republica de Guatemala*. Petit in-8°, 88 p., 1897 (Biblioteca de « El Progreso Nacional » de Guatemala); et *Die Alta Verapaz* (*Guatemala*); *Eine landeskundliche Skizze* (Mittheil. Geogr. Gesellsch. Hamburg, XVII, 1901, p. 78-224, cartes 2-6). — Pour le Honduras : K. Sapper, *Beiträge zur physischen Geographie von Honduras* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, 1902, p. 33-56, 143-164, 231-241, pl. 2 et 3 : cartes). — Pour l'ensemble et pour les régions méridionales : C. Sapper, *Über Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika* (Petermanns Mitteil., Erg.-Heft n° 127, 1899, 119 p., 3 pl. cartes, 2 pl. coupes), et *Gebirgsbau und Boden des südlichen Mittelamerika* (Ibid., Erg.-Heft n° 151, 1905, 82 p., cartes): voir aussi *Ergebnisse seiner Reisen in Mittelamerika* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, 1900, p. 417-426, pl. 7 : carte des lignes directrices jusqu'à Panama).

LÉGENDE DE LA FIGURE 289.

1. Schistes cristallins; 2. Granite; 3. Couches de Santa Rosa; 4. Calcaire carbonifère; 5. Couches de Todos Santos; 6. Couches de Metapan; 7. Terrain crétacé (calcaires, marnes et grès); 8. Roches éruptives diverses (serpentine, diorite, porphyre); 9. Terrains tertiaires inférieurs (affectés par les mouvements orogéniques); 10. Terrains tertiaires supérieurs (non dérangés); 11. Roches volcaniques; 12. Alluvions — Échelle de 1 : 4 000 000

Fig. 289. — Carte géologique du Chiâpas et du Guatemala, d'après C. Sapper (*Petermanns Mitteil.*, Ergänzungsheft N° 127, 1899, pl. III).

pent aussi cet avant-pays, notamment dans la direction du Peten (à l'Ouest des Monts Cockscomb). Une partie seulement des dépôts tertiaires prend part aux plissements; une autre partie constitue, associée aux sédiments plus jeunes, la plaine de Tabasco, de Campêche et du Yucatan [1].

Sur le versant Nord de la Sierra de las Minas et de la Sierra del Mico, Sapper a rencontré une bande de serpentine qui atteint le Golfo Dulce; le versant Sud de la chaîne, dans la vallée longitudinale du Motagua, est également bordé, sur 225 kilomètres, par une traînée de serpentine. Cette roche passe pour plus récente que le Carbonifère supérieur et pour plus ancienne que le Crétacé moyen.

A partir de la ville de Guatemala, on voit émerger peu à peu, au Sud du Motagua, une chaîne parallèle constituée par des roches précambriennes, la *Sierra del Espiritu Santo*. Près de la mer, elle s'appelle Sierra Ocoa. Au delà de Puerto Cortez, elle trouve une continuation dans des îles de forme allongée : Utila (uniquement quaternaire et basaltique), Roatan (micaschistes orientés E.N.E.) et Bonacca (micaschistes argileux, serpentine [2]).

On sait que la serpentine constitue pour une part considérable les montagnes de Cuba et qu'elle apparaît également à Haïti (I, p. 730).

Tout le Sud et le Sud-Est du Guatemala, et le Salvador tout entier jusqu'à la *tierra caliente* de la lisière maritime, appartiennent à la zone des volcans récents et des produits de leurs éruptions; mais en allant vers l'Est, dans le *Honduras*, on voit sortir de dessous cette couverture des tronçons plus ou moins continus de chaînes plissées, qui sont toujours disposées en arc de cercle comme celles du Guatemala, mais dont la direction se rapproche davantage de W.-E.

Une ligne de dépressions remarquable sépare le Honduras, sous le méridien 87° 45′, en une moitié orientale et une moitié occidentale; mais elle ne paraît pas être en rapport avec la direction des chaînons. Parmi ces derniers s'accuse particulièrement la *Sierra de Pija* (Congrehoy Peak ou Cerro Cangrejal, 2 450 mètres), qui, au Sud de l'Ile Roatan, borde la côte jusqu'au delà de 86° de long. W. Elle est en grande partie formée de roches éruptives anciennes. Au Sud de cette Sierra, on continue à retrouver du granite, des schistes anciens, des quartzites et aussi des calcaires crétacés; la direction des affleurements est d'E. à N. ou franchement E.-W. Dans la *Sierra de*

[1. Voir J. Engerrand y F. Urbina, con la colaboracion del Ing. J. Baz y Dresch, *Informe acerca de una excursion geologica preliminar efectuada en el Estado de Yucatan* (Parerg. Inst. Geol. de Mexico, III, n° 7, 1910, p. 369-424, pl. LIII-LXXIV, dont 1 carte).]

2. K. Sapper, *Über Gebirgsbau und Boden des südlichen Mittelamerika* (Petermanns Mitteil., Ergänz.-Heft n° 151, 1905, p. 17).

Juancito, riche en minerais, au Nord de Tegucigalpa, on a signalé du calcaire carbonifère; c'est de cette Sierra que provient la flore rhétienne ou keuperienne souvent citée[1].

Les traces d'une Sierra plus importante paraissent s'étendre des environs d'Ocotal dans la direction de Gracias à Dios. Mais toutes ces Sierras sont beaucoup plus basses que la Sierra de Pija ou que les chaînes du Guatemala; elles vont se perdre dans le Nicaragua, avant d'atteindre la Côte des Mosquitos[2].

Les volcans. — Au Mexique, l'ancien revêtement volcanique de la Sierra Madre Occidental se relie au large ourlet de volcans récents qui accompagne au Nord la Sierra Madre del Sur. Puis se présente, dans la direction de l'E.S.E., le volcan de Tuxtla, exemple peu commun d'un volcan situé au voisinage de la côte orientale de l'Amérique. Ensuite, en continuant vers l'E.S.E., mais au milieu des terres, on rencontre, formant comme un trait d'union, la petite rangée des volcans éteints qui se dressent au centre de l'État de Chiapas, tels que le Zontehuitz. Enfin, plus au S.E. encore, et à une distance encore plus grande du rivage atlantique, se dresse, sur le granite de la Sierra Madre, le volcan Tacaná, dont il a déjà été question ici même, et avec lequel commence la longue zone des montagnes ignivomes de l'Amérique Centrale.

Cette zone, sans s'écarter sensiblement de la direction des Sierras, suit la côte pacifique jusqu'au Golfe de Fonseca; là, elle atteint, en changeant légèrement de direction, la grande dépression jalonnée par le Lac de Nicaragua et qui coupe en biais le continent tout entier. Puis, en continuant au S.E. et en s'avançant dans l'intérieur des terres, on voit apparaître de nouveaux volcans, jusqu'au cratère isolé du Chiriqui.

Le tableau de la répartition de ces volcans qui avait été tracé ici même (I, p. 120), d'après Dollfus et de Montserrat, doit subir quelques retouches pour tenir compte des explorations récentes, et notamment des résultats auxquels est parvenu Sapper[3].

1. J. S. Newberry, *Rhaetic Plants from Honduras* (Amer. Journ. of Sc., 3e ser., XXXVI, 1888, p. 342-351, pl. VIII); A. J. Bourdariat, *Esquisse géologique et minéralogique du district aurifère de Santa Cruz, Honduras* (Bull. Soc. Belge de Géol., Bruxelles, VII, 1893, Mém., p. 35-40).

2. Ce court exposé diffère quelque peu de celui que Mierisch a donné du Nicaragua; je m'appuie sur les publications de Sapper et sur des renseignements inédits que ce voyageur a bien voulu m'adresser. Bruno Mierisch, *Eine Reise nach den Goldgebieten im Osten von Nicaragua* (Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, p. 25-39, pl. 3 : carte); et *Eine Reise quer durch Nicaragua, vom Managua-See bis nach Cabo Gracias á Dios* (Ibid., XLI, 1895, p. 57-66, pl. 4 : carte géol.). L'écart est plus considérable encore avec J. Crawford, *The Geology of Nicaragua* (Proc. Amer. Assoc. Adv. Sc., 40th Meeting, Washington, 1891, p. 261-270).

3. C. Sapper, *Ueber die räumliche Anordnung der mittelamerikanischen Vulcane* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLIX, 1897, p. 672-682, pl. XXIV). Sur la carte jointe à ce mémoire figure encore une ligne secondaire allant de San Diego vers le Sud-Est, jusqu'au San Vicente;

A partir du Tacaná, Sapper compte dans cette zone 81 cônes importants, dont 41 ont été en activité à une époque récente.

La zone ignée, étroite par elle-même, est environnée presque partout de roches andésitiques. Entre 89° 30′ et 90°, là où figurait jadis (I, p. 121, fig. 13) la fente transversale de Chiquimula, on connaît maintenant de nombreux points d'éruption, disposés sans ordre; et le volcan Jalapa, qui est en activité, se trouve à une distance de 1° au Nord de la ligne principale, qui d'ailleurs est si nettement indiquée. Le Cerro Errapuca (2 500 m.) et le Cerro Selaque (2 800 m.), deux cônes éteints qui dominent au loin le Sud-Ouest du Honduras, sont situés à une distance analogue de la ligne principale, au Nord. Dans la région andésitique du haut Vulvul, sur le revers Sud-Est du Cerro del Trapiche (à l'Est de Matagalpa, 13° de lat. N., 85° 15′ de long. W.), Mierisch croit avoir encore vu des cratères [1]. Des laves d'âge tertiaire sont connues en un assez grand nombre d'endroits. On trouvera certainement encore des bouches d'éruption, aujourd'hui éteintes, au Nord de la ligne des volcans actuels; et ce premier aperçu conduit, comme pour le Kamtchatka et pour l'Alaska, à cette conclusion que la ligne des éruptions actuelles est le reliquat, réduit en largeur, d'une zone d'activité volcanique autrefois plus étendue.

Sapper pense que cet alignement actuel doit être scindé en plusieurs tronçons se relayant les uns les autres; chacun de ces tronçons, à mesure qu'on s'avance au S.E., subirait un décrochement d'une certaine amplitude par rapport à celui qui le précède immédiatement.

Le premier tronçon va, d'après cette conception, du Tacaná (92° 6′) au Tajamulco (91° 54′); le second, du Lacandon (91° 42′ 50″) au Pacaja (90° 36′); le troisième, du Tecuamburo (90° 26′) au Conchagua (87° 50′); le quatrième s'étend, au delà d'une courte fente transversale, dans l'intérieur du Golfe de Fonseca, du Coseguina (87° 35′) jusqu'à l'Ile Madera, dans le Lac de Nicaragua (85° 27′ 30″); le cinquième, de

je ne l'ai pas comprise dans l'énumération qui précède, parce que là, et jusqu'à 89°, les alignements me paraissent être moins nets. — On trouvera un grand nombre de descriptions de détail, par le même auteur, dans la Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLVIII, 1896, p. 14-26 (*Dampfquellen und Schlammvulkane in S. Salvador*, 4 fig.); LI, 1899, p. 578-587 (*Der Vulkan Las Pilas in Nicaragua*, 1 carte h. t.); LIII, 1901, p. 24-51 (*Die südlichsten Vulkane Mittel-Amerikas*, 5 fig.); dans le Centralblatt für Mineralogie, 1903, p. 33-44, 65-72 (*Der Ausbruch des Vulkans Santa Maria in Guatemala, Oktober 1902*) et 103-111, 119-130 (*Die jüngsten Ereignisse am Vulkan Izalco, Salvador*); dans les Petermanns Mitteil., XL, 1894, p. 82-85, pl. 8 (*Kratertypen in Mexiko und Guatemala*); XLI, 1895, p. 105-109, pl. 7 : cartes (*Neue Beiträge zur Kenntnis der Vulkane von Guatemala*); XLIII, 1897, p. 1-7, pl. 1 : cartes (*Vulkane in Salvador und Südost-Guatemala*). Voir aussi son livre : *In den Vulcangebieten Mittelamerikas und Westindiens*. In-8°, VI-334 p., 5 pl., 76 fig. Stuttgart, 1905 [et son récent mémoire : *Die mittelamerikanischen Vulkane* (Petermanns Mitteil., Erg-Heft. Nr. 178, 1913, 173 p., 1 pl. cartes, 5 fig.). Consulter, en outre : Tempest Anderson, *The Volcanoes of Guatemala* (Geogr. Journal, London, XXXI, 1908, p. 473-489, 7 pl. phot., 1 carte à 1 : 500 000, p. 588).]

1. B. Mierisch, mém. cité (Petermanns Mitteil., XLI, 1895, p. 62).

l'Orosí (85° 29′) au Turrialba (83° 49′) et, après une assez longue interruption, jusqu'au Chiriqui (82° 30′).

Encore que cette division, comme toute tentative analogue, comporte une certaine part d'arbitraire, on ne saurait cependant méconnaître qu'à l'exception peut-être du tronçon compris entre 89° 30′ et 90°, cette disposition des volcans actifs en rangées linéaires est beaucoup plus marquée qu'au Mexique, par exemple.

Les volcans des premier, deuxième et troisième tronçons, c'est-à-dire ceux qui se succèdent jusqu'au Golfe de Fonseca, sont installés sur un socle élevé, en majeure partie andésitique, dans lequel s'aperçoivent çà et là des fragments d'une Sierra plissée. C'est à ces rangées volcaniques, et plus spécialement à la partie septentrionale, que s'applique ce que nous avons dit sur la tendance des points d'éruption à se déplacer dans la direction de l'Océan Pacifique. La connaissance plus précise de la prétendue fente transversale de Chiquimula pourrait faire naître des doutes. Toutefois, en ce qui concerne les lignes volcaniques plus courtes, les faits mentionnés précédemment demeurent; la ligne Santa Maria-Cerro Quemado représentait alors l'unique exception : c'était le point éruptif le plus éloigné de la mer qui y faisait preuve d'activité; elle s'est, depuis, soumise à la règle : en octobre 1902, une éruption s'est fait jour par l'autre cratère, le cratère de Santa Maria, situé du côté de l'Océan. Au cours de cette éruption, de nombreux blocs de schistes cristallins ont été rejetés : c'est une preuve que la cheminée a subi, dans la montagne elle-même, un élargissement ou quelque autre changement[1].

Quant au quatrième tronçon, celui qui va du Coseguina à Madera, Sapper et Mierisch ont émis l'hypothèse qu'il coïncide avec un fossé d'effondrement. Ces deux éminents explorateurs ont de nouveau exprimé cette vue, au moment où se répandait l'opinion que le volcan *Momotombo*, situé à l'extrémité Nord-Ouest du Lac de Managua, aurait été la cause du tremblement de terre du 29 avril 1898; ils ont démontré que ce séisme était au contraire d'origine tectonique[2].

C. Willard Hayes, dans ses études préliminaires pour la construction

1. K. Sapper, *Der Ausbruch des Vulkans Santa Maria in Guatemala, Oktober 1902* (Centralbl. f. Min., 1903, p. 39); Bergeat parle d'amphibolite. [Voir aussi K. Sapper, *Die vulcanischen Ereignisse in Mittelamerika im Jahre 1902* (Neues Jahrb. f. Min., 1904, I, p. 39-122, pl. III-IX, dont 1 carte montrant la distribution de la pluie de cendres du 24 octobre au 20 novembre 1902, et 8 fig. dans le texte).]

2. K. Sapper, *Das nicaraguensische Erdbeben vom 29. April 1898 und die Maribios-Vulkane* (Globus, LXXV, 1899, p. 201-208 et 222-227, 9 fig., 4 cartes dans le texte; en particulier p. 226).

LÉGENDE DE LA FIGURE 290.

1. Tracé actuel de la ligne de partage des eaux; 2. Tracé ancien d°; 3. Rivage primitif de l'Océan Pacifique; 4. Frontière entre le Nicaragua et le Costa Rica; 5. Canal projeté; 6. Volcans éteints et actifs. — Échelle de 1 : 3 000 000 environ.

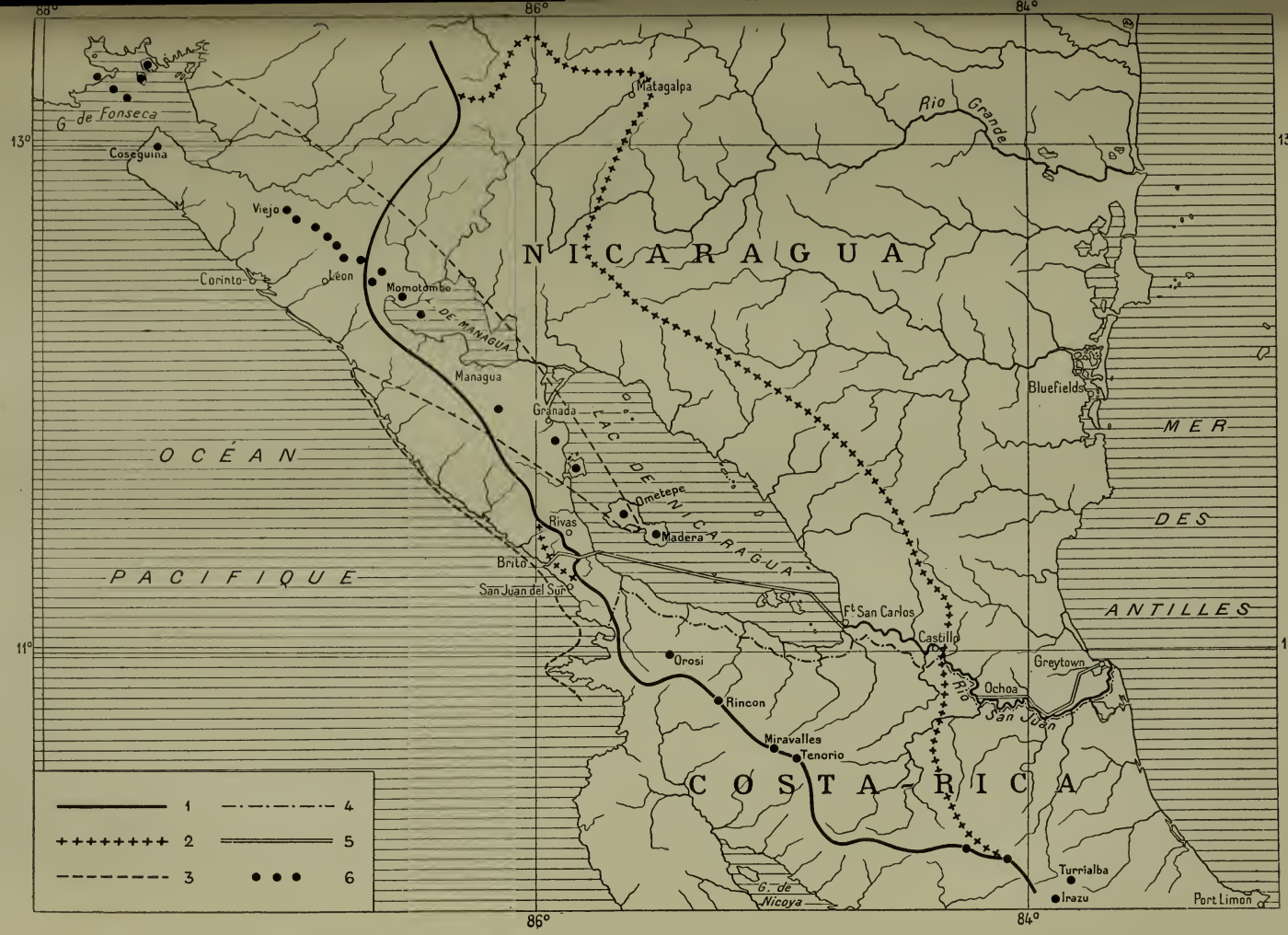


FIG. 290. — Déplacements de la ligne de partage des eaux dans l'Isthme de Nicaragua, d'après C. Willard Hayes (*Bull. Geol. Soc. of America*, X, 1898, p. 285, pl. 30).

d'un canal interocéanique à travers le Lac de Nicaragua, a établi qu'une partie de la langue de terre qui barre le lac à l'Ouest est constituée par les couches à Orbitoïdes (Lépidocyclines), qui sont si largement développées dans les Indes Occidentales. Elles sont désignées ici sous le nom de *Brito Formation*. Sur ce point, une communication entre le domaine atlantique et le domaine pacifique, à l'époque tertiaire, est hors de doute. Les couches de Brito sont médiocrement plissées; leur direction se rapproche un peu plus de E.-W. que celle de la côte. Des laves récentes les recouvrent, et ce sont ces laves qui, d'après Hayes, ont édifié tout le reste du barrage, dans la direction du Nord-Ouest, jusqu'au Coseguina; elles ont ainsi isolé de l'Océan Pacifique un golfe qui s'étendait autrefois de la Baie de Fonseca jusque sur l'emplacement des lacs actuels de Managua et de Nicaragua. Puis, lorsque les lacs intérieurs furent enclos, les eaux s'y rassemblèrent et y atteignirent une telle hauteur qu'elles franchirent le seuil situé du côté du San Juan, et ainsi se produisit l'écoulement vers l'Atlantique (fig. 290) [1].

Comme confirmation, Hayes allègue que dans le Lac de Nicaragua vivent un *Megalops*, un Squale et une Scie; sans doute, ces Poissons appartiennent à des groupes susceptibles de remonter les courants d'eau douce, mais les cataractes du San Juan représentent pour eux un obstacle tellement infranchissable qu'on doit les considérer comme des formes résiduelles [2].

1. C. Willard Hayes, *Physiography and Geology of Region adjacent to the Nicaragua Canal Route* (Bull. Geol. Soc. of America, X, 1899, p. 275-348, pl. 30-32 : carte et coupes). [Consulter aussi l'article du même auteur : *Physiography of the Nicaragua Canal Route* (National Geogr. Magazine, Washington, X, 1899, p. 233-246, pl. 6 : carte, 2 cartes et 1 fig. dans le texte), et son mémoire inséré au Rapport officiel de la Commission d'Études américaine : *Report of the Nicaragua Canal Commission 1897-1899*. In-4°, XII-502 p., 38 pl., 9 fig., Atlas contenant 9 cartes et 6 coupes en 42 feuilles, Baltimore, 1899 (p. 87-192, pl. I-XV : *Report on the Geology and Physiography of the Nicaragua Canal Route*; voir surtout, dans l'Atlas, Map n° 1, Sheet n° 2 : *Areal Geology*). Les passages essentiels de ce travail sont reproduits dans Bailey Willis, *Index to the Stratigraphy of North America* (U. S. Geol. Survey, Professional Paper 71. In-4°, 1912, p. 709-711).] A. Heilprin a spécialement insisté sur le danger d'établir un canal au voisinage des volcans; *The Shrinkage of Lake Nicaragua. A question of permanency of the proposed Nicaragua Canal* (Bull. Geogr. Soc. Philadelphia, III, 1901, p. 1-12).

2. La faune des Poissons du Lac de Nicaragua a été décrite par T. Gill et J. F. Bransford dans les Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, 1877, p. 175-191 (*Synopsis of the Fishes of Lake Nicaragua*); d'après Gill, les Squales du lac seraient identiques aux espèces de l'Océan Pacifique, et différents de ceux de l'Atlantique (*in* Hayes, mém. cité, p. 344). Comme la connaissance de la distribution géographique des Poissons a réalisé de notables progrès depuis 1877, j'ai soumis la question à M. Steindachner. Ce savant, dont la compétence est si grande en ces matières, m'a répondu qu'à côté des espèces endémiques, on ne connaissait dans le Lac de Nicaragua que des espèces cosmopolites; le genre *Megalops*, en particulier, est très abondant dans la partie inférieure du cours de l'Amazone, et *Pristis antiquorum* existe aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest. Ainsi tombe un argument décisif, mais la probabilité de l'hypothèse rappelée plus haut ne doit pas pour cela être mise en doute. [Voir, en outre : S. E. Meek, *Synopsis of the Fishes of the Great Lakes of Nicaragua* (Field Columbian Museum, Chicago, Zoology, vol. VII, 1907, p. 97-132).]

Le cinquième tronçon, qui commence avec l'Orosí, occupe au Sud du Lac de Nicaragua, sur une faible étendue, toute la largeur de l'isthme. Les produits rejetés par l'Orosi atteignent la côte pacifique; les volcans qui lui font suite, le Rincon de la Vieja, le Miravalles et le Tenrión, inclinent leurs pentes à l'Ouest vers la dépression qui réunit au continent la Presqu'île de Nicoya. Du côté de l'Est, au contraire, ces mêmes volcans, comme les suivants jusqu'au Turrialba, ont leur pied dans l'aire de drainage du San Juan, dont la vallée s'ouvre largement sur la Mer des Caraïbes.

Panama. — L'étage de Brito, signalé à l'Ouest du Lac de Nicaragua, se poursuit en contournant le rivage méridional du lac; sur le cours supérieur du San Juan, on se trouve en présence, d'après Hayes, d'un grès calcaire qu'il faut considérer comme le prolongement atlantique du même étage. Sur le revers oriental du Turrialba (10° de lat. N.), les couches affleurent dans une longue coupe décrite par Hill et Sjögren[1]. Là, elles sont plissées, avec des intercalations volcaniques; le grès de Guallava de Hayes, que Dall parallélise avec l'horizon de Vicksburg[2], est le prolongement de l'étage de Brito. Il existe des couches tertiaires plus récentes du côté de la Mer des Antilles; près de Limon, sur la côte orientale, Guppy a rencontré du Pliocène discordant, en couches horizontales[3]. Dans la direction de l'Ouest, les couches tertiaires plissées s'enfoncent à l'intérieur du continent et atteignent des hauteurs considérables. On a trouvé de la houille encore au delà de la zone volcanique, et jusqu'au Sud de San José; et Gabb indique que des couches tertiaires forment une grande partie de la Sierra Candella, qui, des volcans Irazu et Turrialba, s'étend vers le Golfe de Nicoya[4]. Des couches tertiaires plissées ont été rencontrées par Hayes au Nord du Pico Blanco (83° de long. W.). On connaît également de la houille sur les bords de la Lagune de Chiriqui.

Il en résulte que, depuis le Lac de Nicaragua et le Rio San Juan jusqu'au tracé du Canal interocéanique Colon-Panama, le versant de l'isthme qui dépend de la Mer des Antilles est bordé d'un ourlet tertiaire dont la largeur est variable. Près du Lac de Nicaragua, cet

1. R. T. Hill, *The Geological History of the Isthmus of Panama and Portions of Costa Rica* (Bull. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXVIII (Geol. Series, III), n° 5, 1898, p. 151-285, 24 fig., 19 pl. dont 3 cartes; voir en particulier p. 232, et Appendice, p. 281 : *Notes by* Ahe Sjögren *on the Eastern Section of Costa Rica*).

2. W. H. Dall, Ibid., Appendice, p. 275.

3. R. J. L. Guppy and W. H. Dall, *Descriptions of Tertiary Fossils from the Antillean Region* (Proc. U. S. Nat. Mus., XIX, 1896, p. 303-331, pl. XXVII-XXX).

4. W. M. Gabb, *Notes on Costa Rica Geology* (Amer. Journ. of Sc., 3d ser., IX, 1875, p. 198-204 et 320).

ourlet empiète sur le versant pacifique; peut-être en va-t-il de même dans la Sierra Candella, à l'entrée du Golfe de Nicoya; sur la ligne *Colon-Panama*, ce liséré occupe toute la largeur de l'isthme. Les études qu'ont faites Zürcher, Douvillé et Marcel Bertrand, d'après les données fournies par de nombreux sondages, constituent le point d'appui le plus solide sur lequel on puisse asseoir une opinion relative à la structure de l'isthme [1].

Marcel Bertrand dit à peu près ce qui suit :

Un sommet constitué par une nappe d'andésite, le *Cerro Culebra*, représente le point culminant. Le canal coupe un large anticlinal de couches tertiaires dont l'axe passe un peu au Nord de la Culebra. Le centre du pli, où affleure en même temps le terme le plus ancien de la série tertiaire, est constitué par une accumulation de coulées volcaniques basiques et de brèches (« roche » de Gamboa); d'après un banc de petites Nummulites et d'Orbitoïdes qui y est

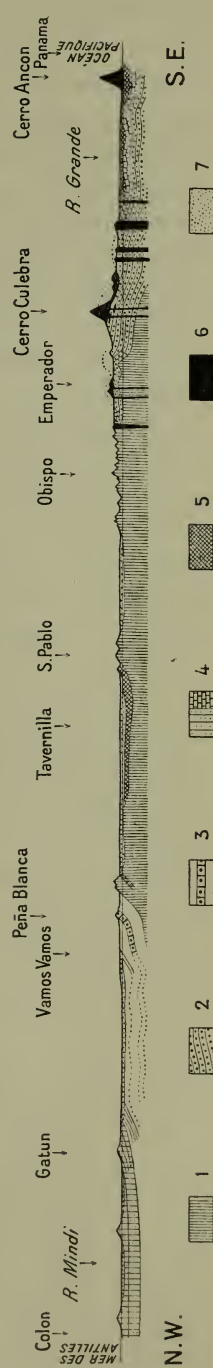


FIG. 291. — Coupe établie suivant le tracé du Canal de Panama, d'après Marcel Bertrand et Ph. Zürcher (*Étude géologique de l'Isthme de Panama*. In-4°, Paris, 1898, pl. I, fig. supérieure).

1. « Roche » de Gamboa; 2. Tufs et grès de la Culebra (Aquitanien lignitifère); 3. Grès et argiles de Vamos Vamos (Aquitanien marin); 4. Couches de Gatun et argiles de Mindi (Miocène inférieur); 5. Tufs trachytiques (d°); 6. Trachytes du Mont Ancon (d°), Andésites de la Culebra (Miocène supérieur); 7. Alluvions quaternaires. — Échelle des longueurs 1 : 400 000; hauteurs 1 : 40 000.

1. Ph. Zürcher, *Communication préliminaire relative aux observations faites dans une Mission récemment exécutée dans l'Isthme de Panama* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXVI, 1898, p. 425, 426); H. Douvillé, *Sur l'âge des couches traversées par le Canal de Panama* (Ibid., p. 587-600); I. M. Bertrand et Ph. Zürcher, *Étude géologique sur l'Isthme de Panama*; II. M. Bertrand, *Les Phénomènes volcaniques et les Tremblements de Terre de l'Amérique Centrale*. In-4°, 38 p., 3 pl. dont 2 cartes, Paris, 1898. [Voir aussi : [Canal de Panama] *Le point de vue géologique. Observations de* M. G.-F. Dollfus (Fédération des Industriels et des Commerçants français, Bull. Mensuel, n° 41 (4e année, n° 5), Février 1907, p. 464-466, 1 coupe dans le texte); et les travaux suivants de E. Howe : *Isthmian Geology and the Panama Canal* (Economic Geology, II, 1907, p. 639-658, pl. VIII : coupes); *The Geology of the Isthmus of Panama* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXVI, 1908, p. 212-237); *Geology of the* [Panama] *Canal Zone* (Ann. Rept. Isthmian Canal Comm. for 1907; 60th Congress, 1st Sess., Senate Doc. 531, p. 108-138; Extrait dans Bailey Willis, *Index to the Stratigraphy of North America*, 1912, p. 711-714).]

intercalé, on l'a rapportée à l'étage tongrien ou à l'étage aquitanien. Elle n'est guère séparée par une limite nette des argiles glauconieuses qui lui succèdent sur le versant atlantique, et qui sont elles-mêmes subordonnées au calcaire à Orbitoïdes de la Peña Blanca. Ce calcaire est suivi, dans la direction du Nord, par des couches franchement miocènes à *Turritella tornata*, *Pecten subpleuronectes* et Clypéastres (couches de Gatun, etc.) et par des tufs trachytiques. On atteint ainsi la plaine côtière atlantique (fig. 291).

Sur le versant pacifique, les roches éruptives sont plus développées et les caractères littoraux s'accusent davantage. En particulier, on y voit succéder à la série volcanique de Gamboa, au lieu du calcaire à Orbitoïdes, des marnes feuilletées contenant des restes de plantes et une petite Congérie, avec un peu de lignites par dessus. Quant aux fossiles marins du versant atlantique, on n'en a rencontré que des traces. Au-dessus vient, de part et d'autre, le Miocène à *Pecten subpleuronectes*.

La roche la plus récente est l'andésite de la Culebra.

C'est ici que les études de Douvillé sur les divisions à établir dans les sédiments tertiaires deviennent particulièrement importantes. Il y a lieu de distinguer deux horizons principaux : le calcaire à Orbitoïdes de la Peña Blanca et l'étage de Gatun.

Le premier, le calcaire à Orbitoïdes (étage de Brito, couches de Vamos Vamos, Vicksburg beds), est rapporté à la partie supérieure de l'Aquitanien. Au cours des travaux préliminaires pour l'établissement du canal, ce niveau a été suivi par l'ingénieur Canelle, vers l'Ouest, sur 350 kilomètres, jusqu'au Chiriqui, et sur 300 kilomètres dans la direction de l'Est, jusqu'au Rio Thuyra. Nous le retrouverons, sous d'autres noms, aux Antilles, et il peut bien se faire qu'on dessine un jour tout autour du globe une ceinture de ces sédiments[1].

L'étage de Gatun à *Turritella tornata* est, d'après Douvillé, contemporain du Burdigalien (premier étage méditerranéen)[2]. Il se présente aussi bien sur le versant atlantique que sur le versant pacifique;

1. H. Douvillé, *Sur l'âge des couches traversées par le Canal de Panama* (C. R. Acad. Sc., CXII, 1891, 1er sem., p. 499), et *Les Foraminifères dans le Tertiaire de Bornéo* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., V, 1905, p. 435-464, pl. XIV); voir aussi E. Joukowsky, *Sur une mollasse à Turritelles et une couche lignitifère à Congéries de la presqu'île d'Azuero, Panama* (C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1er sem., p. 964-966).

[2. Cette détermination a été contestée par F. Toula, qui attribue aux couches de Gatun un âge beaucoup plus récent, néogène (F. Toula, *Eine jungtertiäre Fauna von Gatun am Panama Kanal*; Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LVIII, 1908, p. 673-760, pl. XXV-XXVIII, 15 fig. dans le t.; II Teil., Ibid., LXI, 1911, p. 487-530, pl. XXX, XXXI). Les recherches des conchyliologistes américains l'ont définitivement confirmée; A. P. Brown and H. A. Pilsbry, *Fauna of the Gatun Formation, Isthmus of Panama* (Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia, LXIII, 1911, p. 336-373, pl. XXII-XXIX). — Sur la faune marine pléistocène des mêmes parages, voir W. H. Dall, *New Species of Fossil Shells from Panama and Costa Rica collected by* D. F. McDonald (Smithsonian Miscell. Coll., LIX, n° 2, 1912, 10 p.).]

mais tous les savants qui se sont occupés de cette série de couches concluent, plus ou moins formellement, à l'existence d'un ancien continent à l'Ouest de la côte actuelle du Pacifique.

Les îles rocheuses du Golfe de Panama sont constituées, d'après Wagner, Hill et Bergt, par des roches éruptives de couleur foncée[1]. Au Sud-Est du golfe, Joukowsky a poussé une pointe, le long du fleuve Sambu, dans l'intérieur du pays; au Sud-Ouest, il a en outre visité la partie orientale de la Presqu'île d'Azuero. D'un côté comme de l'autre, il a rencontré des roches éruptives foncées (labradorites). Associés à ces roches se montrent des dépôts tertiaires analogues à ceux de l'isthme; mais au Sud-Est, au Mont Sapo (près du Cap Garachiné), des calcaires gris bleu, énergiquement plissés, et des schistes siliceux peut-être crétacés, viennent au jour avec une direction N.W.; c'est là, à n'en pas douter, la trace visible d'une Cordillère[2].

Le Golfe de Panama, qui est peu profond, se termine par un talus sous-marin très brusque, dont la dénivellation atteint plus de 3 000 mètres[3].

Les montagnes plus élevées, dont l'accès est difficile, sont peu connues; elles supportent une épaisse couverture de produits volcaniques, et même quand il rencontre du granite ou de la syénite, l'explorateur se demande souvent s'il ne se trouve pas encore en présence de roches intrusives plus récentes.

A l'intérieur de l'ourlet tertiaire du versant atlantique, presque parallèlement à la côte, la *Sierra de Talamanca* se dresse à plus de 3 000 mètres. Son prolongement oriental, d'une hauteur moindre, est la *Sierra de Veragua*; celle-ci est constituée, dans la mesure où on la connaît, par de la syénite et du granite. Les hauts sommets du Mont *Lyon* et du Mont *Ufum* ont été pris pour des volcans; mais Pittier et Sapper se sont ralliés aux doutes de Gabb. Pittier a rencontré, dans la partie la plus élevée de la Sierra, à *Buena Vista*, un pic de basalte et, sur ses contreforts occidentaux, des roches dioritiques. On a déjà vu que le *Pico Blanco* était un dôme de granite, traversé de filons de porphyre[4]. Gabb admettait que ce granite est plus récent que les couches tertiaires redressées; celles-ci seraient métamorphisées dans

1. W. Bergt, *in* W. Reiss und A. Stübel, *Reisen in Süd Amerika. Geologische Studien in der Republik Colombia*; II. *Petrographie der älteren Massengesteine*. In-4°, Berlin, 1899, p. 219-223.

2. E. Joukowsky, *Sur quelques affleurements nouveaux de roches tertiaires dans l'Isthme de Panama* (Mém. Soc. de Physique et d'Hist. Nat., Genève, XXXV, 1906, p. 155-178, pl. 6 et 7, dont 1 carte, 5 fig.). A Azuero, on ne connaît pas de traces analogues aussi nettes; voir aussi, sur ce point, O. H. Hershey, *The Geology of the Central Portion of the Isthmus of Panama* (Univ. of California. Bull. Dept. of Geol., II, n° 8, 1901, p. 231-267, carte de la p. 235)

[3. Voir la carte bathymétrique jointe au mémoire de R. T. Hill, déjà cité, pl. III.]

4. H. Polakowsky, *Professor H. Pittiers Forschungsreise durch den südwestlichen Teil von Costarica* (Petermanns Mitteil., XXXVIII, 1892, p. 162). [Voir aussi le mémoire définitif de

son voisinage, sans qu'il y ait toutefois de filons granitiques. Cette question n'est pas résolue, à l'heure actuelle; toutefois, les données de Gabb paraissent avoir trait à un rameau latéral de la Sierra, qui s'étend dans la direction de l'Est, à partir du Pico Blanco. Sapper a traversé la Sierra, en partant de la Lagune de Chiriqui dans la direction de David (82° à 82° 30′). De la diorite et des roches éruptives récentes affleurent près de la lagune; ensuite viennent du basalte et, au delà du sommet du col, de la diorite, de la syénite et du granite; puis, de nouveau affleurent des roches éruptives récentes; enfin, près de David, un peu de Tertiaire. Hershey a franchi la Sierra encore plus à l'Est (81° 10′); elle a, sur ce point, environ 1 500 mètres de haut et 40 kilomètres de large. Là encore, on n'a rencontré que des roches éruptives massives.

Cette Sierra disparaît à 50 kilomètres à l'Ouest de la ligne Colon-Panama, et c'est grâce à cette circonstance que s'ouvre la dépression utilisée par le canal. Mais au Nord-Est de cette dépression, dans la *Sierra de San Blas*, qui se développe suivant la direction de l'E.S.E., le long de la côte atlantique, des granites semblables et dont l'âge serait récent reparaissent.

Étant donnée cette constitution, on ne saurait décider s'il y a lieu de considérer la Sierra de Talamanca, la Sierra de Veragua et la Sierra de San Blas comme des rameaux de la virgation du Honduras et du Nicaragua.

A l'Ouest de ces Sierras s'introduit le prolongement des volcans du Costa Rica. Les volcans Poas, Barba, Irazu et Turrialba se succèdent à des distances très rapprochées [1]. Le Col d'Ochomoga (1 530 m.) sépare les volcans, d'après Pittier, de la Sierra naissante [2]. La *Cordillera de Dota*, qui se trouve au Sud du Turrialba, est vraisemblablement encore un volcan; puis vient une longue interruption jusqu'au volcan *Chiriqui*, qui se rattache de même à la partie occidentale de la Sierra de Talamanca.

La large *Sierra del Aguacate*, qui s'étend au Nord de San José, à partir des volcans Barba et Irazu, en allant vers le Golfe de Nicoya, a été étudiée par Attwood [3] et par Hayes; elle est tout entière volcanique.

H. F. Pittier, *Kostarika. Beiträge zur Orographie und Hydrographie* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft 175, 1913. In-8°, 48 p., 1 pl. carte à 1 : 500 000, 1 pl. contenant 6 vues).]

1. C. Sapper, *Die südlichsten Wulkane Mittelamerikas* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LIII, 1901, p. 24-51, 5 fig.). [Sur la dernière éruption du Poas, voir K. Sapper, *Die jüngsten vulkanischen Vorgänge in Mittelamerika* (Centralbl. f. Min., 1911, p. 531-534).]

2. H. Pittier, *Sur l'orographie de l'Amérique Centrale et les volcans de Costa Rica* (Archives des Sc. phys. et nat. Genève, 9e période, XXVI, 1889, p. 466-472).

3. G. Attwood, *On the Geology of a Part of Costa-Rica* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, XXXVIII, 1882, p. 328-340, pl. XII : carte géol., 6 fig.).

Par contre, au pied septentrional de la Sierra Candella, qui lui fait suite au Sud, Hayes a trouvé des calcaires à Rudistes; les couches tertiaires de cette Sierra ont été déjà mentionnées. Le sommet isolé *Herradura*, qui se trouve au voisinage de son extrémité occidentale et a souvent passé pour un volcan, ne saurait être considéré comme tel; il semble plutôt qu'à l'Ouest de la Sierra, une série de plis miocènes accompagne également la côte pacifique sur une assez longue distance[1].

Plus d'un indice porte à croire que les Promontoires de Nicoya, de Salsipuedes, de Burica, l'Ile Coiba, les Presqu'îles d'Azuero et de Garachiné représentent des fragments appartenant à une ou plusieurs Cordillères; mais ces régions ne sont malheureusement que peu connues. Les calcaires à Rudistes de la Sierra Candella viennent d'être mentionnés, et les traces qu'on rencontre dans la Presqu'île de Garachiné ont été également signalées. La carte de Sapper figure, à plusieurs reprises, de Nicoya jusque vers 82° 30′, des bandes calcaires probablement crétacées, au Sud-Ouest d'une zone tertiaire plissée qui pourrait bien être le bord d'une Cordillère de ce genre[2].

Hill, qui suppose également un lien de continuité entre les péninsules, signale à Nicoya du granite, de la serpentine et de la jadéite, ainsi qu'un quartzite vert qui est considéré comme la roche la plus ancienne, et la *Panama formation*, tuf rhyolitique ou ponceux d'un blanc verdâtre, qui paraît être antérieur aux sédiments tertiaires[3].

Ces presqu'îles demeurent, pour le moment, un champ de recherches digne d'attention.

Première avancée. Inflexion vers l'Amérique du Sud. — Les profondeurs du Golfe du Mexique n'atteignent pas 4 000 mètres. La plus grande profondeur de la Mer des Antilles est de 5 201 mètres[4]. Entre le

1. A. v. Frantzius, *Beiträge zur Kenntniss der Vulkane Costaricas* (Petermanns Mittheil., VII, 1861, p. 329, pl. 12 : carte); H. Pittier, ibid., XXXVIII, 1892, p. 162.

2. C. Sapper, Petermanns Mitteil., Erg.-Heft. n° 151, 1905, pl. I. [Le dernier explorateur de ces régions n'y a rencontré nulle part de couches antérieures à l'ère tertiaire : J. Romanes, *Geology of a Part of Costa Rica* (Quart. Journ. Geol. Soc., LXVIII, 1912, p. 103-139, pl. VIII, IX, 5 fig. dans le texte, dont 1 carte.).]

3. R. T. Hill, mém. cité, p. 206 et 221, 222. L'ancienne carte de M. Wagner indique, dans l'intérieur de Nicoya, des « collines trachy-doléritiques et formations de tuf d'une faible hauteur » (Petermanns Mittheil., IX, 1863, pl. 2). [Voir aussi J. Romanes, *Geological Notes on the Peninsula of Nicoya, Costa Rica* (Geol. Mag., Dec. 5, IX, 1912, p. 258-265, 1 carte).]

[4. Pour la bathymétrie des mers de l'Amérique Centrale, voir la carte de H. Berghaus, *Westindien (Physikalischer Atlas*, n° 26 (II. Abt., Hydrographie, n° XI), Gotha, 1891; *Carte générale bathymétrique des Océans*, publiée par le Cabinet scientifique de S. A. S. le Prince de Monaco, 1 : 10 000 000, 2e éd., feuilles AI et AII, Paris, 1912, avec 2 fasc. de texte in-8° publiés sous le même titre, Paris, 1910-1912; G. Schott, *Geographie des Atlantischen Ozeans*. In-8°, Hamburg, 1912, p. 105-108 et pl. V : carte en couleurs à 1 : 30 000 000; M. Groll, *Der*

Golfe du Mexique et la Mer des Antilles le fond descend très rapidement, au Sud du Grand Cayman, jusqu'à 6 269 mètres. C'est ce qu'on appelle la fosse de Bartlett. Au large du Golfe Amatique, à peu de distance de la côte, la sonde indique déjà 3 075 mètres; puis la profondeur augmente jusqu'au Grand Cayman, et elle atteint encore 5 260 mètres entre la Jamaïque et Cuba. Les Sierras qui arrivent au Golfe Amatique, en dessinant une courbe concave vers le Nord (Sierra del Mico, Sierra del Espiritu Santo), tournent, en passant par l'Ile Roatan et en se dirigeant vers la Jamaïque, leur convexité vers le Nord; *la fosse de Bartlett représente leur avant-fosse.* Les bandes de serpentine de ces Sierras n'ont pas pour prolongement les serpentines de Cuba.

Le Grand Cayman est une portion d'une crête sous-marine qui, partant de la Sierra Maestra de Cuba, passe par le Petit Cayman et se poursuit dans le Banc Misteriosa. Peut-être les Monts Cockscomb correspondent-ils à cette crête, qui limite la fosse de Bartlett du côté du Nord.

Au Nord de cette crête s'étend, orientée de même vers l'E.N.E., la fosse du Yucatan (4 709 m.); non loin au Sud de l'Ile de Pinos, cette dépression mesure encore 4 519 mètres. On peut la considérer comme l'avant-fosse de la crête du Cayman.

Au Nord de Cuba, on ne connaît pas de profondeurs aussi considérables.

Ce n'est que quand les îles plates d'avant-garde se font plus rares, une fois passée l'Ile de Grande Inagua, que le fond de la mer, au Nord de Haïti, retombe jusqu'à 4 186 mètres; et plus à l'Est, au Nord de Porto-Rico et des Iles Vierges, le fond descend jusqu'à la profondeur extraordinaire de 8 341 mètres[1]. La fosse s'étend dans la direction de l'Est; au Nord de l'Ile Sombrero, elle atteint encore plus de 6 000 mètres. C'est là *un tronçon d'avant-fosse, précédant la Cordillère des Antilles au cours de son avancée dans le domaine atlantique.*

Dans toute l'étendue de l'Océan Atlantique, on ne connaît nulle part de profondeurs aussi considérables. Aussi bien, par 0° 11′ de lat. S. et 18° 15′ de long. W., le fond atteint-il exceptionnellement, dans la fosse de la Romanche, 7370 mètres; mais ce point est situé loin d'une côte ou d'une chaîne plissée visible[2]. Il n'y a de comparaison possible qu'avec

Atlantische Ozean, 1 : 40 000 000 (Veröffentlichungen d. Instituts f. Meereskunde, Berlin, Neue Folge, A, Heft 2, 1912, pl. I).]

[1. Et même 8 526 m., d'après un sondage récent; G. Schott, *Geographie des Atlantischen Ozeans*, p. 107.]

[2. Voir G. Schott, ouvr. cité, p. 101-103; E. Philippi, *Die Bodenproben der Deutschen Südpolarexpedition*. In-4°, Berlin, 1910, p. 428, et Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LX, 1908, p. 375.]

les avant-fosses du Pacifique. Comme dans cet Océan, les avant-fosses ne coïncident pas, ici, avec les lignes volcaniques.

Tandis qu'une virgation paraît s'annoncer sur le continent, on voit dans les îles une confluence des rameaux. Dans le Golfe de Guacanoyabo, la Sierra Maestra rejoint la chaîne principale de l'Ile de Cuba; à Port-au-Prince, la ligne Jamaïque-Jacmel vient se relier aux Monts Cibao.

Nous croyons pouvoir négliger de plus amples détails, en renvoyant aux indications données dans un chapitre antérieur (I, p. 725) [1].

1. Cuba : Persifor Frazer, *Archaean Characters of the Rocks of the Nucleal Ranges of the Antilles* (Rept. British Assoc. Adv. Sc., LV, Bath, 1888, p. 654-655); C. W. Hayes, T. W. Vaughan and A. C. Spencer, *Report on a Geological Reconnoissance of Cuba* (voir ci-dessus, p. 1270, note 1); [T. W. Vaughan, Notes insérées dans Bailey Willis, *Index to the Stratigraphy of North America*, 1912, p. 722-723 et 803-804]; R. Adan de Yarza (*Rocas hipogenicas de la Isla de Cuba*, Bol. Comision del Mapa geol. de Esp., XX, 1893, p. 71-88, pl. 1-4) signale la vaste extension des diorites et des serpentines et insiste sur leurs intimes rapports; V. Pellitero, *Apuntes geologicos referentes al itinerario de Sagua de Tánamo a Santa Catalina de Guantánamo* (Ibid., p. 89-98, pl. 5 : carte et coupe de la partie Sud-Est de Cuba); la Sierra de Tahagua se dirige à l'E.S.E. vers la Punta de Maisi; elle est formée de plis anticlinaux et synclinaux de Crétacé et d'Éocène; dans l'axe des plis affleurent des diorites, servant de substratum à ces terrains. Voir en outre R. T. Hill, *Notes on the Geology of the Island of Cuba, based upon a reconnoissance made for Alexander Agassiz* (Bull. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XVI, 1895 (Geol. Ser., II), p. 243-288, pl. I-IX); J. W. Spencer, *Geographical Evolution of Cuba* (Bull. Geol. Soc, of America, VII, 1895, p. 67-94). [Un fait nouveau pour la géologie de Cuba est la découverte récente, dans cette grande île, de calcaires noirs à Ammonites appartenant aux genres *Perisphinctes*, *Idoceras*, *Oppelia*, *Virgatites* et analogues aux formes mexicaines de Mazapil; C. de la Torre, *Comprobation de l'existence d'un horizon jurassique dans la région occidentale de Cuba* (Congrès Géol. Internat., Compte rendu de la XIe session, Stockholm, 1910, 2e fasc., p. 1021-1022). La présence de grands Édentés pléistocènes y a également été confirmée; C. de la Torre, *Restauration of Megalocnus rodens, and discovery of a Continental Pleistocene Fauna in Central Cuba* (Ibid., p. 1023-1024); J. W. Spencer, *Note on the Discovery by Prof.* C. de la Torre *of Fossil Mammals in Cuba* (Geol. Mag., dec. 5, VII, 1910, p. 512-513).] — Jamaïque : R. T. Hill, *The Geology and Physical Geography of Jamaica; Study of a Type of Antillean Development* (Bull. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXXIV (Geol. Series, IV), 1899, 256 p., 41 pl., dont 2 cartes). Les roches éruptives sont d'âge crétacé et tertiaire moyen; à ces dernières appartient le prétendu volcan éteint de Low Layton (p. 113). [La belle carte géologique jointe à ce mémoire a été reproduite dans l'article du même auteur : *A Sketch of the Geology of Jamaica* (Scottish Geogr. Mag., XV, 1899, p. 628-639); voir en outre, pour un extrait du travail de R. T. Hill, l'*Index to the Stratigraphy of North America* de Bailey Willis, 1912, p. 717-721 et 799-801.] — Haïti : L. Gentil Tippenhauer, *Die Insel Haiti*. In-8°, 693 p., cartes, Leipzig, 1893; du même, *Geologische Studien in Haiti* (Petermanns Mitteil., XLV, 1899, p. 25, 153, 201, pl. 3, 10 et 13 : cartes géol.) [et *Neuer Beitrag zur Topographie, Bevölkerungskunde und Geologie Haitis* (Ibid., LV, 1909, p. 49-57, pl. 5 : carte géol.).] Dans l'Ouest de Haïti, la direction E.S.E. paraît prédominer sur la direction franchement E.-W. (sauf peut-être dans la Presqu'île de Jacmel) plus qu'on ne l'a supposé jusqu'à présent, ce qui correspond probablement à la Sierra de Tahagua, à Cuba; voir, en outre, W. Bergt, *Zur Geologie von San Domingo* (Sitzungsb. Gesellsch. Isis, Dresden, 1897, Abh., p. 61-64); W. Sievers, *Richard Ludwig's Reisen auf Santo Domingo, 1888/1889* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, XXXIII, 1898, p. 302-354, pl. 11 : cartes). En venant de l'Ouest, des basaltes apparaissent plus fréquemment qu'on ne l'avait supposé; la petite île Alta Vela, située au Sud (150 m., andésite à augite et trachyte), pourrait bien être, d'après Sievers, un prolongement des volcans des Petites Antilles. Bergt a décrit, comme provenant de la chaîne principale, des gneiss à hornblende et d'autres roches archéennes. R. T. Hill a protesté contre la tentative d'attribuer une grande extension aux roches archéennes dans les Antilles (voir surtout son mémoire :

Molengraaff, en 1887, a soumis ces données à une critique fort instructive, dont la conclusion était la suivante : en venant de l'Ouest jusqu'à Saint-Barthélemy, cette île y comprise, il n'y a point à douter de leur justesse. A Antigua, Purves a montré que les roches volcaniques locales sont récentes; cette île ne représente pas, par conséquent, la Cordillère[1]. Dans la Grande Terre (partie orientale de la Guadeloupe), on n'aurait rencontré que des dépôts tertiaires; la Barbade est encore peu connue; la Trinité ne s'emboîte pas dans la courbure générale des Antilles. Ces circonstances ne sont cependant pas inconciliables avec l'hypothèse d'une Cordillère des Antilles affectant la disposition d'un arc de cercle, hypothèse qui explique l'identité des terrains successifs observés, d'une part au Venezuela et à la Trinité, et de l'autre à la Jamaïque et dans le reste des Antilles[2].

Un autre savant qui connaît bien la question, R.T.Hill, a montré que la ligne de 1 000 brasses [1 828 m.], au voisinage de l'Amérique du Sud, dessine trois longues crêtes. La première comprend, à son extrémité septentrionale, les petites Iles Aves (« Iles des Oiseaux »). La seconde est représentée par l'arc des Antilles, depuis le Grenade jusqu'à Porto-Rico, et pénètre très profondément entre Sombrero et Anegada. La troisième, au Nord de Tobago, se montre particulièrement étroite et elle se poursuit vers le Nord jusqu'au delà de la Barbade. Hill nie toute relation tectonique avec l'Amérique du Sud[3].

L'éruption de la Montagne Pelée, en 1902, a ramené l'attention du

The Geology and Physical Geography of Jamaica, p. 226); voir aussi W. Sievers, *Zur Kenntniss Puerto Rico's* (Mitteil. Geogr. Gesellsch. Hamburg, 1891-92, p. 217-236, 1 carte, 1895). Du Nord au Sud, on trouve une chaîne de hauteurs formée par un calcaire tertiaire, plongeant doucement au N., puis, à une moindre altitude, une porphyrite diabasique, que l'on retrouve aussi sur le versant nord de la chaîne méridionale, et enfin des calcaires probablement crétacés, plongeant au N.

[1. Sur Antigua, voir R. J. Lechmere Guppy, *On the Geology of Antigua and other West Indian Islands with Reference to the Physical History of the Caribean Region* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LXVII, 1911, p. 681-700, 4 fig., pl. L : carte); et *The Geological Connexions of the Caribean Region* (Trans. Canadian Institute, VIII, 1909, p. 373-391, 1 carte h. t.).]

2. G. A. F. Molengraaff, *Het geologische verband tusschen de West-Indische Eilanden* (Handel. van het 1e Natuur- en Geneeskund. Congres, geh. te Amsterdam, 1887. In-8°, 10 p., 1 carte); du même, *De Geologie van het Eiland St. Eustatius*, Inaug. Dissert. In-8°, 62 p., carte, Leiden, 1886; J. C. Purves, *Esquisse géologique de l'Ile d'Antigoa* (Bull. Musée R. d'Hist. Nat. de Belgique, III, 1884-85, p. 273-318, pl. XIV : carte géol.).

3. R. T. Hill, *The Geology and Physical Geography of Jamaica*, p. 211; le même, *Pelé and the Evolution of the Windward Archipelago* (Bull. Geol. Soc. of America, XVI, 1905, p. 243-288, pl. 43-47, dont 2 cartes, en particulier p. 279). Le mémoire de J. W. Spencer, *Reconstruction of the Antillean Continent* (Bull. Geol. Soc. of America, VI, 1895, p. 103-140, fig. 1-7, pl. 1 : carte), traite moins de ces questions que des déplacements des rivages. [Voir aussi les travaux suivants de J. W. Spencer : *The Windward Islands of the West Indies* (Trans. Canadian Institute, VII, 1902, p. 351-370, fig., 6 cartes); *On the Geological and Physical Development of Dominica*; *with Notes on Martinique, St. Lucia, St. Vincent, and the Grenadines* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LVIII, 1902, p. 341-353, pl. X : carte bathymétrique, 2 cartes dans le texte); *On the Geological and Physical Development of Barbados*; *with Notes on Trinidad* (Ibid., p. 354-367, 2 fig.).]

monde entier sur l'arc volcanique des Antilles et a provoqué des travaux pleins de valeur.

L'ouvrage de Lacroix a non seulement fait progresser notre connaissance des phénomènes volcaniques, mais il a en outre exercé une influence sur les problèmes dont il est question ici[1]. Lacroix montre

1. A. Lacroix, *La Montagne Pelée et ses éruptions.* Ouvrage publié par l'Académie des Sciences sous les auspices des Ministères de l'Instruction publique et des Colonies. In-4°, XXII-662 p., 31 pl., 238 fig. dont 7 cartes dans le texte. Paris, 1904; voir, en particulier, p. 3. [Cet ouvrage renferme, p. XI-XXII, une liste bibliographique de 240 articles; comptes-rendus, par A. de Lapparent. *La Montagne Pelée et ses éruptions* (Annales de Géogr., XIV, 1905, p. 97-110), et M. Boule, *La Montagne Pelée et les volcans d'Auvergne* (La Géographie, Paris, XI, 1905, 1er sem., p. 7-26, fig. 1-15, dont 1 carte). L'auteur lui a donné, en 1908, une suite, intitulée : *La Montagne Pelée après ses éruptions. Observations sur les éruptions du Vésuve en 79 et en 1906.* Ouvrage publié par l'Académie des Sciences. In-4°, VIII-136 p., fig. 239-321 (Bibliographie, nos 241-267); compte rendu, par A. Bergeat (Geol. Rundschau, Leipzig, I, 1910, p. 80-84). — Autres mémoires de A. Lacroix sur la Martinique publiés de 1904 à 1908 : *Sur la production de roches quartzifères au cours de l'éruption actuelle de la Montagne Pelée* (C. R. Acad. Sc., CXXXVIII, 1904, 1er sem., p. 792-797); *Le mode de formation d'un dôme volcanique et la cristallisation des roches éruptives quartzifères, d'après les observations faites au cours de l'éruption de la Montagne Pelée* (Revue générale des Sc., Paris, XVI, 1905, p. 301-315, 8 fig.); *Sur la constitution minéralogique du dôme récent de la Montagne Pelée* (C. R. Acad. Sc., CXLIV, 1907, 1er sem., p. 169-173); *Contribution à l'étude des brèches et des conglomérats volcaniques (Antilles. 1902-1903, Vésuve, 1906).* (Bull. Soc. Géol. de France, 4e sér., VI, 1906, p. 635-685, pl. XIX-XXII); *Pompéi, Saint-Pierre, Ottajano* (Revue Scientifique, 5e sér., VI, 1906, p. 481-489, 519-523, 551-557, nombreuses fig., 2 cartes). Voir en outre : A. Lacroix, *Les dernières éruptions de Saint-Vincent, mars 1903* (Annales de Géogr., XII, 1903, p. 261-268, pl. 10-12 : 6 phot.); J. Giraud, *L'éruption de la Montagne Pelée à la Martinique* (Bull. Soc. Géogr. Commerciale du Hâvre, XXIII, 1906, p. 73-84 et 97-110). — Parmi les très nombreux documents scientifiques dont les grandes éruptions de 1902 ont provoqué la publication, et qu'il est impossible de signaler tous ici, une mention spéciale est due aux suivants, en raison de la compétence des observateurs ou de l'abondance des illustrations : T. Anderson and J. S. Flett, *Preliminary Report on the Recent Eruptions of the Soufrière in St. Vincent, and on a visit to Mont Pelée, in Martinique* (Proc. Royal Soc. London, LXX, 1902, p. 423-442, pl. 11-13 : phot.); T. Anderson, *Recent Volcanic Eruptions in the West Indies* (Geogr. Journ., London, XXI, 1903, p. 265-281, 13 pl. phot., 1 carte, p. 348), et *Recent Volcanic Eruptions in the West Indies* (Congrès Geol. Internat., C. R. Xe session, Mexico, 1906, fasc. II, p. 735-757, 13 pl. phot.); T. Anderson and J. S. Flett, *Report on the Eruptions of the Soufrière, in St. Vincent, in 1902, and on a visit to Montagne Pelée, in Martinique, Part I* (Phil. Trans., Ser. A, vol. 200, 1903, p. 353-553, pl. 21-39 : phot. et 1 carte, 4 fig. dans le texte); *Part II. The Changes in the Districts and the subsequent History of the Volcanoes* (Ibid. vol. 208, 1908, p. 275-303, pl. 9-25 : phot.); — A. Heilprin, *Mont Pelée and the Tragedy of Martinique. A Study of the Great Catastrophes of 1902.* With Observations and Experiences in the Field. In-8°, XIV-335 p. Philadelphia, 1903; *The Tower of Pelée. New Studies of the Great Volcano of Martinique.* In-f°, 62 p., 23 pl. phot., Philadelphia-London, 1904; *The Shattered Obelisk of Mont Pelée* (National Geogr. Magazine, Washington, XVII, 1906, p. 465-474, 5 fig.); *The Eruption of Pelée; a Summary and Discussion of the Phenomena and their Sequels.* In-4°, VII-72 p., 43 pl., 1 portrait. Printed for the Geographical Society of Philadelphia, 1908 (compte rendu par Bergeat, Geol. Rundschau, I, 1910, p. 186-188); — R. T. Hill, *Report on the Volcanic Disturbances in the West Indies* (National Geogr. Mag., XIII, 1902, p. 223-267, nombreuses fig., 3 cartes dans le texte); — E. O. Hovey, *Martinique and St. Vincent; a Preliminary Report upon the Eruptions of 1902* (Bull. American Museum Nat. Hist., New York, XVI, 1902, p. 333-372, pl. XXII-LI, dont 2 cartes); *The New Cone of Mont Pelé and the Gorge of the Rivière Blanche, Martinique* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XVI, 1903, p. 269-281, pl. XI-XIV : phot., fig. 2, 3); *The 1902-1903 Eruptions of Mont Pelé, Martinique, and the Soufrière, St. Vincent* (Congrès Géol. Internat., C. R. IXe Session, Vienne, 1903, 2e fasc., p. 707-738, 11 pl. phot., 6 fig. dans le texte, dont 2 cartes); *Bibliography of Literature on the West Indian Eruptions published in the United States*

que certains volcans ont amené au jour des fragments de gabbro, de micaschiste, du quartz de filons, etc., et que, par conséquent, l'arc de la Cordillère existe encore sous l'arc volcanique. Les volcans reposent, au-dessus de ces roches anciennes, sur un substratum de laves et de tufs de date antérieure et de sédiments tertiaires; des Lépidocylines apparaissent dans les tufs anciens de la Martinique [1]. Ce substratum est visible, en même temps que les roches anciennes, dans quelques îles (Anguilla, Saint-Martin, Saint-Barthélemy), qui, pour cette raison, ont été considérées comme faisant partie de la Cordillère (I, p. 727). Toutefois, comme Molengraaff et Cleve ont trouvé dans cette infrastructure des andésites et des basaltes, Lacroix admet l'existence de deux lignes d'îles volcaniques, une ligne externe, qui serait la plus ancienne, et une ligne interne, sur laquelle sont installés les volcans actifs. La première comprendrait Anguilla, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Antigua, la Grande-Terre de la Guadeloupe et la Désirade; la seconde serait représentée par San Saba, Saint-Eustache, Saint-Christophe, Névis, Redonda, Montserrat, la Basse-Terre de la Guadeloupe, la Dominique, la Martinique, Sainte-Lucie, Saint-Vincent, les Grenadines et la Grenade [2].

C'est à la même conception que Sapper, d'une manière indépendante, a abouti la même année. Cette ligne plus ancienne se développe à environ 50 kilomètres en avant de la ligne récente, qui est en même temps la ligne interne : « On peut dire, écrit Sapper, que c'est un

(Ibid., p. 735-738; reprod. Bull. Geol. Soc. of America, XV, 1904, p. 562-566); *Observations on the Eruptions of 1902 of La Soufrière, St. Vincent, and Mt. Pelée, Martinique* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XIV, 1902, p. 319-358, 16 phot. hors texte, 2 cartes); *The Grande Soufrière of Guadeloupe* (Bull. Amer. Geogr. Soc., New York, XXXVI, 1904, p. 513-530, 9 fig., 1 carte); *Ten Days in Camp on Mt. Pelé, Martinique. The Volcano six years after the Great Eruption* (Ibid., XL, 1908, p. 662-679, 11 fig.); — Th. A. Jaggar, *Field Notes of a Geologist in Martinique and St. Vincent* (Popular Science Monthly, LXI, 1902, p. 352-368, 19 fig.); *The Eruption of Pelée, July 9, 1902* (Ibid., XLIV, 1904, p. 219-231, 3 fig.); — Israel C. Russell, *The Recent Volcanic Eruptions in the West Indies. A Letter to the National Geographic Society* (Nat. Geogr. Mag., XIII, 1902, p. 267-285, fig., 1 carte dans le texte); *Volcanic Eruptions on Martinique and St. Vincent* (Ibid., p. 415-436, nombreuses fig., Bibliographie); — V. Sabatini, *L'eruzione della Pelata e i suoi insegnamenti* (Bull. Soc. Geogr. Ital., Ser. 4, VII, 1906, p. 36-42); — A. Stübel, *Martinique und St. Vincent. Eine Studie zur wissenschaftlichen Beurtheilung der Ausbrüche auf den Kleinen Antillen im Jahre 1902.* In-4°, 36 p., 6 fig., Leipzig, 1903; *Rückblick auf die Ausbruchsperiode des Mont Pelé auf Martinique 1902 bis 1903 vom theoretischen Gesichtspunkte aus.* In-4°, 24 p., 20 fig., Leipzig, 1904).]

[1. J. Giraud, *Sur l'âge des formations volcaniques anciennes de la Martinique* (C. R. Acad. Sc., CXXXV, 1902, 2e sem., p. 1377-1379); Dublancq-Laborde, *Sur l'existence de blocs calcaires métamorphisés dans les tufs ponceux anciens de la Montagne Pelée* (Ibid., CLIV, 1912, 1er sem., p. 824-826).]

[2. Sur la disposition générale des volcans des Antilles, voir : Michel-Lévy : *L'éruption de la Montagne Pelée et les volcans des Petites Antilles* (Revue générale des Sc., XIII, 1902, p. 554-557, 3 cartes dans le texte); F. de Montessus de Ballore, *Les manifestations volcaniques et sismiques dans les Antilles* (Ibid., XIII, 1902, p. 669-674, 1 carte), et *Les relations sismico-géologiques de la Méditerranée antillienne* (Mem. Soc. Cient. « Antonio Alzate », Mexico, XIX, 1904, p. 351-373, pl. XI : cartes).]

hasard ou une spéculation oiseuse, reposant sur la seule vue de la carte ; mais le fait est là, que toutes les formations éruptives des Petites Antilles se concentrent dans le voisinage des courbes en question, et qu'on n'en rencontre jamais en dehors de ces dernières »[1].

La ressemblance avec les Iles Aléoutiennes et les Kouriles est indéniable.

Högbom fait ressortir la faible teneur en potasse de presque toutes les roches acides des Petites Antilles et trouve que les granites à plagioclase passent sans délimitation tranchée aux diorites quartzifères, de même que ces roches passent insensiblement, à leur tour, aux gabbros à olivine : ainsi la ressemblance est complète avec les granites et les diorites (granodiorites) des Andes[2]. Sous ce rapport également, les Antilles se rattachent de toute évidence à la région des Andes.

La liaison avec l'Amérique du Sud a fait naître des doutes, et c'est ce point qu'il nous faut maintenant considérer.

La *Barbade* (336 m.) a été décrite par Harrison et Jukes Browne. C'est sur la côte allongée du Nord-Est qu'affleurent les terrains les plus anciens, les *Scotland beds*. Gregory les a parallélisés avec l'étage de Vicksburg (étage de Brito et de Vamos Vamos du Nicaragua et de Panama). Ils renferment du pétrole et se montrent énergiquement plissés, parfois même renversés; mais ils sont recoupés de nombreuses failles, indiquant que l'île fait partie d'un champ de fractures.

Sur les Scotland beds plissés viennent en discordance des bancs siliceux à Radiolaires; au-dessus de ces derniers s'étend une couverture de calcaires blancs coralligènes; enfin apparaît, à une faible hauteur, un calcaire coralligène encore plus récent[3].

[1. K. Sapper, *Die vulcanischen Kleinen Antillen und die Ausbrüche der Jahre 1902 und 1903* (Neues Jahrb. f. Min., 1904, II, p. 1-70, pl. I-XIII), p. 37-38. [Voir aussi, dans le Centralblatt für Mineralogie, etc. de 1903, les notes suivantes du même auteur : *Ein Besuch der Insel Grenada* (p. 182-186); *St. Vincent* (p. 248-258, 3 fig., 2 cartes); *Zur Kenntniss der Insel S. Lucia* (p. 273-278, 2 cartes); *Ein Besuch der Insel Montserrat* (p. 279-283, 1 carte); *Inseln Nevis und S. Kitts* (p. 284-287, 2 fig.); *Dominica* (p. 305-314, 1 fig., 2 cartes); *St. Eustatius und Saba* (p. 314-318, 3 fig.); *Guadeloupe* (p. 319-323, 2 cartes); *Martinique* (p. 337-358, 6 fig., 2 cartes); *Der Krater der Soufrière von St. Vincent* (p. 369-373, 1 fig., 1 carte), et son mémoire : *Ergebnisse der neueren Untersuchungen über die jüngsten Mittelamerikanischen und Westindischen Vulkanausbrüche* (Verhandl. XV. Deutsch. Geographentages zu Danzig, 1905, p. 102-134).]

2. A. G. Högbom, *Zur Petrographie der Kleinen Antillen* (Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, VI, 1902-03, p. 214-232, 1905, pl. IX, X). [Voir aussi O. B. Böggild, *Om Dansk-Vestindiens Geologi* (Geogr. Tidskr., Kjöbenhavn, XIX, 1907, p. 6-11, 6 fig.); J. T. Quinn, *The Building of an Island, being a Sketch of the Geological Structure of the Danish West-Indian Island of St. Croix, or Santa Cruz*. In-4°, VIII-106 p., fig., cartes. Christianstadt, St. Croix, 1907.]

3. J. B. Harrison and A. J. Jukes-Browne, *Geology of Barbados*. In-8°, 64 p., carte, Salisbury, 1890; les mêmes, *The Geology of Barbados* (Geol. Mag., new ser., Dec. 4, IX, 1902, p. 550-554; et Quart. Journ. Geol. Soc, XLVII, 1891, p. 197-250, 9 fig. et pl. IX; et XLVIII, 1892, p. 170-226, 5 fig. et 1 carte géol.); J. W. Gregory, *Contributions to the Palæontology and Physical Geology of the West Indies* (Ibid., LI, 1895, p. 255-312, pl. XI, en particulier p. 297 et 309). Tout récemment, J. B. Harrison a distingué les « Lower Scotland Beds » qui sont

Gregory a décrit un fossile provenant des bancs à Radiolaires et qui témoigne d'une grande profondeur, *Cystechinus crassus*[1]. On peut se demander *si l'absence d'une avant-fosse dans ces parages ne s'expliquerait pas par le fait que les sédiments qui s'y sont accumulés ont été portés à plusieurs milliers de mètres de hauteur.*

En tout cas, un plissement s'est produit à la Barbade après l'Aquitanien supérieur (horizon des Scotland beds) et, plus tard, il y a eu encore un plissement ou un soulèvement très important. Des traces de ces mouvements s'observent aussi dans d'autres îles, par exemple à la Jamaïque. C'est dans les mêmes conditions que, d'après les données fournies par Gregory, des couches à Radiolaires apparaissent dans la partie Nord de l'extrémité orientale de Cuba.

Sur *Tobago*, je ne dispose que de données insuffisantes. D'après Eggers, la partie Nord-Est de l'île est abrupte et montueuse (700 m.); des schistes argileux jaunes et rouges, des basaltes et de la diabase y sont signalés; la partie Sud-Ouest est plate et constituée par du calcaire coralligène[2].

A ce qui a déjà été dit à propos de l'Ile de la *Trinité* (I, p. 715), il faut ajouter que les Scotland beds (qui sont désignés dans cette île sous le nom d'étage de Naparima) renferment du pétrole[3], comme à la Barbade, et qu'ils y sont également recouverts en discordance par des bancs à Radiolaires. Bien que la direction E.-W. se traduise très nettement dans les contours de l'île, Wall remarque cependant que l'orientation des terrains est presque constamment E.20° N.; l'île rentre par conséquent beaucoup mieux dans l'ordonnance de l'arc des Antilles que ses contours extérieurs ne le laisseraient supposer[4].

plissés, et les « Upper Scotland Beds », qui ne sont pas plissés et recouvrent en discordance les précédents (*The Coral-Rocks of Barbados*, Quart. Journ. Geol. Soc., LXIII, 1907, p. 336, pl. XXIII : carte et coupe).

1. J. W. Gregory, Quart. Journ. Geol. Soc., XLV, 1889, p. 640.

2. Baron H. Eggers, *Die Insel Tobago* (Deutsche Geogr. Blätter, Bremen, XVI, 1893, p. 1-20, 1 carte). [Voir aussi E. H. C. Craig, *Preliminary Report by the Government Geologist on the Island of Tobago*. In-folio, 5 p., 1 carte géol. Port of Spain, 1907.]

[3. Sur les pétroles des Antilles, voir R. W. Ells, *Notes on the Geology of the Islands of Trinidad and Barbados, British West Indies* (Proc. and Trans. Royal Soc. Canada, 3d ser., I, Section IV, 1907, p. 115-130); C. Richardson and K. G. Mackenzie, *A Natural Naphta from the Province of Santa Clara, Cuba* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXIX, 1910, p. 439-446); T. O. Bosworth, *The Birth of an Island near the Coast of Trinidad* (Geol. Mag., Dec. 5, IX, 1912, p. 159-163).]

4. A. J. Jukes-Browne and J. B. Harrison, Quart. Journ. Geol. Soc., XLVIII, 1892, p. 217; J. W. Gregory, Ibid., LI, 1895, p. 299; G. P. Wall, *On the Geology of a Part of Venezuela and of Trinidad* (Ibid., XVI, 1860, p. 465). [Voir aussi R. J. Lechmere Guppy, *The Growth of Trinidad* (Trans. Canadian Institute, VIII, 1905, p. 137-149, fig., 1 carte); E. H. C. Craig, *Report by the Government Geologist on the Metamorphic Rocks of Trinidad*. In-folio, 9 p. Port of Spain, 1907; et *General Report by the Government Geologist on the Central and Northern Anticlines, Western Districts*. In-folio, 19 p., 1 carte géol., 1 pl. Port o Spain, 1907; R. W. Ells, mém. cité dans la note précédente.]

Dans la partie septentrionale du *Venezuela*, qui avoisine l'île, Cortese a rencontré, le long du rivage, la bande déjà connue de schistes archéens, qu'accompagnent au Sud des calcaires crétacés. La direction générale est ici E.-W. ou un peu N. de E. Cortese a trouvé que les schistes anciens plongent vers le N., tandis que les calcaires crétacés s'inclinent au S., les deux bandes étant séparées par une cassure. Leur pied méridional est longé par les couches pétrolifères. Le pétrole apparaît sur le rivage occidental du Golfe de Paria, sur le rivage Nord du Golfe de Cariaco et plus loin encore le long de la côte. Une ligne de sources chaudes s'étend de l'E. à l'W. à travers le pays tertiaire. Une de ces sources, près de Providencia, en est encore à la phase de geyser intermittent.

Au Sud viennent les calcaires crétacés de la Cordillère intérieure. D'après Cortese, des failles, s'orientant E.-W., sont le trait dominant de l'architecture du pays ; elles sont en même temps la cause des nombreux tremblements de terre. On peut présumer, par suite, que la vallée disposée en coulisses qui s'étend de Cumana au Golfe de Paria est un fossé d'effondrement[1].

Une espèce du Silurien inférieur, *Calymene senaria*, et un grand *Orthoceras* ont été recueillis par un voyageur dans le territoire compris entre Caracas, Valencia et Puerto Cabello. Drevermann les a décrits. Ce sont les seules traces de fossiles d'âge paléozoïque ancien qu'on ait rencontrées, jusqu'à une très grande distance. Aussi la confirmation de cette découverte serait-elle d'une grande importance[2].

Les Iles *Bonaire*, *Curaçao* et *Aruba* ont été décrites par Martin; elles fournissent absolument les mêmes roches que le continent. De part et d'autre, on signale des schistes à Radiolaires; une partie de ces couches correspond aux bancs à Radiolaires de la Barbade et de la Trinité; mais il semble y avoir également des schistes analogues, dont l'âge serait antérieur au terrain crétacé[3].

1. E. Cortese, *Escursioni geologiche al Venezuela* (Boll. Soc. Geol. Italiana, XX, 1901, p. 447-469). [Voir aussi L. V. Dalton, *On the Geology of Venezuela* (Geol. Mag., dec. 5, IX, 1912, p. 203-210; renferme une Bibliographie). Pour le Sud du Venezuela, qui appartient déjà au massif ancien des Guyanes, voir T. A. Bendrat, *Geologic and Petrographic Notes on the Region about Caicara, Venezuela* (Journ. of Geol., XIX, 1911, p. 238-248, 3 fig. dont 1 carte géol.; reprod. Amer. Journ. of. Sc., 4th ser., XXXI, 1911, p. 443-452, 1 carte dans le texte).]

2. Fr. Drevermann, *Ueber Untersilur in Venezuela* (Neues Jahrb. f. Min., 1904, I, p. 91-93, pl. X). [On sait aujourd'hui que cette prétendue découverte n'est pas authentique : il s'agit, en réalité, de fossiles apportés de New Port News, dans l'Amérique du Nord : W. Salomon, *Ueber angebliches Untersilur in Venezuela* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXI, 1909, Monatsber., p. 193).]

3. K. Martin, *Geologische Studien über Niederländische West-Indien* (forme le t. II de son ouvr. : *Bericht über eine Reise nach Niederländische West-Indien und darauf gegruendete Studien*). Lief. In-8°, 140 p., 1 pl., 3 cartes, Leiden, 1888. Voir aussi J. Lorié, *Fossile Mollusken*

D'après Simons, la Presqu'île de *Goajira*, qui s'avance au loin dans la mer, est montagneuse et constituée par trois rangées de hauteurs volcaniques (altitudes allant jusqu'à 850 m.). La *Teta Goajira* (366 m.), qui se dresse isolée dans la vaste plaine comprise entre ces lignes de hauteurs et le rebord septentrional de la Sierra de Santa Marta, est formée, d'après Simons, par du trachyte. Casas et Codazzi, membres de la Commission de délimitation colombo-vénézuélienne, mentionnent le long de la côte orientale des dépôts tertiaires et des calcaires crétacés; ils regardent ces derniers comme un prolongement de la Sierra de Perijá, qui arrive du Sud. La partie la plus septentrionale, la Sierra Macuira, serait constituée, elle aussi, d'après ces indications, par du calcaire ; on signale le fait qu'elle est reliée par une crête sous-marine aux écueils Monges et, plus loin, à la chaîne insulaire comprenant Aruba et les îles suivantes[1].

Ainsi, la Sierra de Perija, et avec elle un rameau des Andes Colombiennes elles-mêmes, passerait, par un mouvement tournant, de la direction méridienne à la direction E.-W. Sievers était déjà arrivé à la même conclusion en explorant la *Sierra Nevada de Santa Marta*. Celle-ci est essentiellement un massif montagneux très élevé, constitué par des roches précambriennes, et de même direction que la Sierra de Perijá[2].

Sur la carte des lignes directrices dressée par Sievers, à la suite de ses nombreux voyages (fig. 292), on voit comment les différents rameaux des Andes, en s'éloignant du Sud pour s'approcher de la côte caraïbe, s'infléchissent de plus en plus au N.E., à l'E.N.E., et même à l'E., tous semblant converger vers l'arc des Antilles[3]. Ces rameaux proviennent (I, p. 713) d'une grande virgation dont l'origine se trouve dans le Nord de l'Ecuador. Les quatre branches de cette virgation, Cordillera de Choco, Cordillera Occidental, Cordillera Central[4] et Cordillera Oriental, sont séparées par les vallées de l'Atrato, du Cauca et du Mag-

von Curação, Aruba und der Küste von Venezuela (Samml. d. Geol. Reichsmus., Leiden, 2. Ser., Bd. I, pl. I, II, p. 111-149, 1887).

1. A. F. A. Simons, *An Exploration of the Goajira Peninsula, U. S. of Colombia* (Proc. R. Geogr. Soc., new ser., VII, 1885, p. 781-796, carte p. 840); F. J. Casas et L. Codazzi, Rapports préliminaires de la Commission de délimitation venézuelo-colombienne, résumés dans Annales de Géogr., XI, 1902, p. 271-273.

2. W. Sievers, *Die Sierra Nevada de Santa Marta und die Sierra de Perijá* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, XXIII, 1888, p. 1-178, pl. I : carte, particulièrement p. 67) [et *Erläuterungen zur geognostischen Karte der Sierra Nevada de Santa Marta* (Ibid., p. 442, pl. III : carte géol. à 1 : 500000)]; W. Bergt, *Beitrag zur Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta und der Sierra de Perijá* (Tschermak's Mineralog.-Petrogr. Mittheil., N. F., X, 1889, p. 271-386).

3. W. Sievers, *Karten zur physikalischen Geographie von Venezuela* (Petermanns Mitteil., XLII, 1896, p. 125-129, pl. 10 : carte géol. et coupes).

[4. Voir A. Hettner, *Zur Geologie der Colombianischen Zentralkordillere* (Centralbl. f. Min., 1907, p. 545-547); W. Bergt, *Zur Geologie der Colombianischen Mittelkordillere* (Ibid., p. 720-722); A. Hettner, *Erwiderung* (Ibid., 1908, p. 195).]

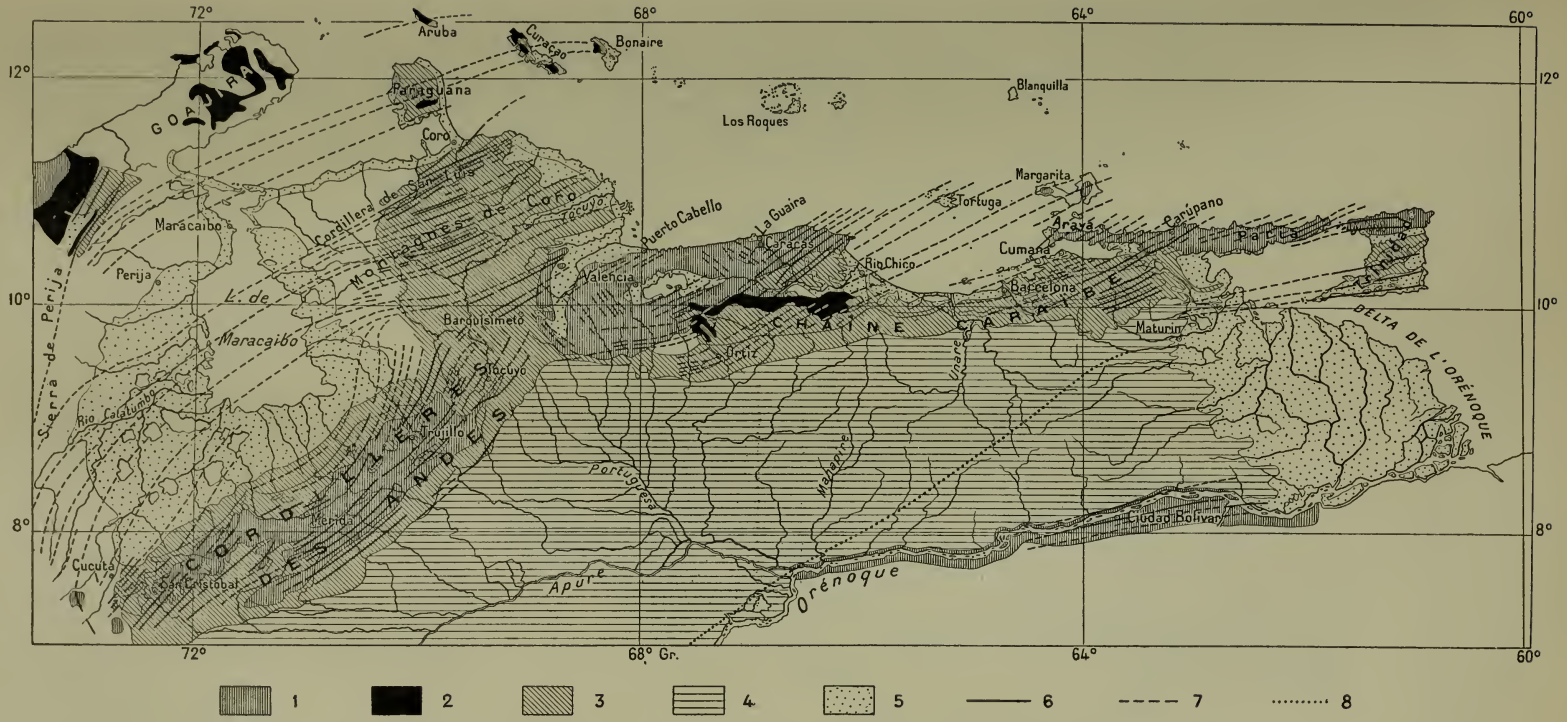


FIG. 292. — Directrices tectoniques du Venezuela, d'après W. Sievers (*Petermanns Mitteil.*, XLII, 1896, pl. 10).

1. Granite et schistes cristallins (Archéen); 2. Roches éruptives anciennes (porphyrites, diabase, etc.); 3. Terrains crétacés et tertiaires plissés; 4. Formation des Llanos (Quaternaire); 5. Alluvions et dépôts récents; 6. Directrices tectoniques observées; 7. Dᵉ probables; 8. Prolongement hypothétique des terrains anciens de la Guyane sous les Llanos. — Échelle de 1 : 7 500 000.

dalena. La Cordillera Oriental, qui, au Nord et au Nord-Est, est la plus longue, est la plus courte dans la direction du Sud. La Sierra de Bogota est une de ses coulisses; Hettner l'a explorée [1]. La Sierra de Merida, décrite par Sievers, en est une autre, qui lui fait suite. L'arête montagneuse qui est souvent dessinée sur les cartes à l'Est du Lac de Maracaïbo n'existe pas. Là également règne la direction N.E. La Serrania voisine de la côte de Caracas et la Serrania interior, qui s'élève au Sud de la précédente, représentent de nouvelles coulisses; mais la Chaîne Caraïbe, y compris la Trinité, n'est pas non plus autre chose.

Sur ce tableau, qui porte en lui-même tant d'unité, les études de Stille dans la région du Rio Magdalena ont projeté une nouvelle lumière. Il s'ensuit que la Vallée du Rio Magdalena, au moins jusqu'à 3° 45′ de lat. N., est un fossé d'effondrement, dont le

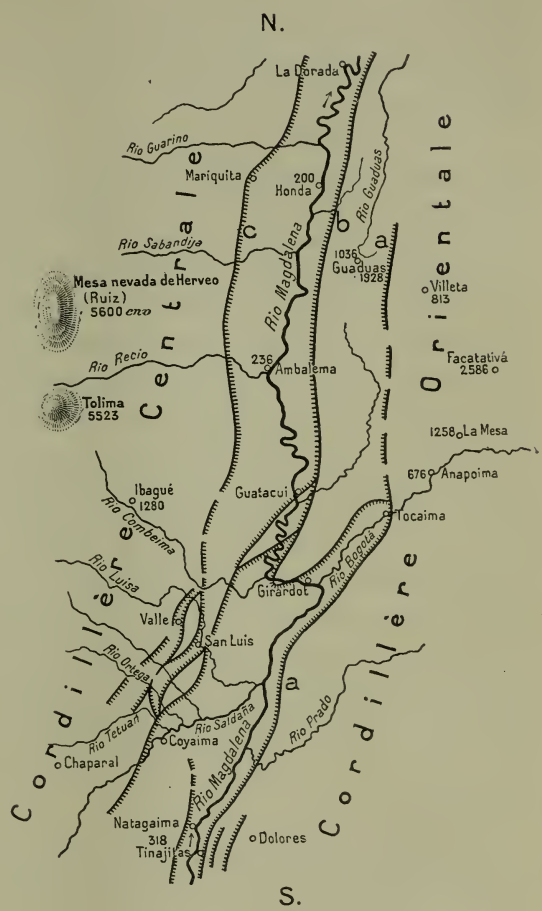


Fig. 293. — Réseau de cassures de la vallée du Magdalena (Colombie), d'après H. Stille (*Festschrift zum siebzigsten Geburtstage von* Adolf. v. Koenen *gewidmet von seinen Schülern.* In-8°, Stuttgart, 1907, pl. 10, fig. 1).

Les crans, le long des lignes de faille, indiquent la lèvre affaissée. — Échelle de 1 : 800 000.

1. A. Hettner, *Die Kordillere von Bogota. Ergebnisse von Reisen und Studien* (Petermanns Mitteil., Ergänz.-Heft n° 104, 1892, 131 p., 1 pl. contenant 4 cartes et 1 pl. de coupes); le même, *Die Anden des westlichen Columbiens* (Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, p. 129-136).

2. W. Sievers, *Die Cordillere von Mérida nebst Bemerkungen über das Karibische Gebirge* (Penck, Geogr. Abhandl., III, Heft 1, 1888, VIII-238 p., 1 pl. carte géol. et coupes). [Cette chaîne atteint 5 005 m. d'altitude au Picacho Columna; A. Jahn jr., *Höhenbestimmung der Sierra Nevada von Merida* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1907, p. 694-699, pl. 7 : carte).] F. von Wolff a supposé que les roches cristallines de la Cordillère Orientale pourraient bien représenter du Trias et du terrain jurassique modifiés; *Über das Alter der kristallinen Ostkordillere in Ecuador* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVI, 1904, Protokolle, p. 94-97).

rebord oriental est en même temps le rebord occidental de la Cordillera Oriental et de la Sierra de Perija; la zone profondément déprimée qui s'étend entre cette dernière et la Sierra de Santa Marta est ainsi, selon toute vraisemblance, la continuation du fossé du Rio Madgalena (fig. 293), et la Sierra Nevada représente le prolongement de la Cordillera Central[1].

Nous avons déjà vu que, d'après Cortese, les fractures étaient le trait dominant dans l'architecture du Venezuela septentrional et que de Cumana au Golfe de Paria s'étend probablement un fossé d'effondrement. Cortese attribue à ces fractures les tremblements de terre du Venezuela, et Stille fait de même pour les tremblements de terre de Bogota et de Cucuta[2]. Le plissement est le phénomène le plus ancien; les fractures, le long du Rio Magdalena, sont, d'après Stille, plus récentes qu'une bonne partie des formations tertiaires et plus récentes aussi que certaines cendres et laves andésitiques. La Cordillera Oriental ne porte aucun volcan actif[3].

On a signalé surtout, dans les Andes Colombiennes et dans les régions voisines de l'Ecuador, des terrains précambriens et crétacés, ainsi que des roches éruptives de différents âges. Et voici que déjà W. Bergt distingue, à partir de 4° 15′ de lat. N., sur le versant occidental de la Cordillera Central, des porphyrites dioritiques rappelant les tonalites; ces roches sont comparées aux roches éruptives mésozoïques qui, plus au Sud, acquièrent une si grande importance[4]. En outre, il y a lieu de considérer comme paléozoïque, d'après Bergt, une série de couches profondément métamorphisées qu'on rencontre notamment sur le versant Ouest de la Cordillera Central, entre 2° et 1° de lat. N.

Les dépôts crétacés sont très étendus et très puissants. Sur les bords du Rio Magdalena, Stille estime même leur épaisseur à 6 000 mètres

1. H. Stille, *Geologische Studien im Gebiete des Rio Magdalena* (Festschrift zum siebzigsten Geburtstage von Adolf v. Kœnen. In-8°, Stuttgart, 1907, p. 277-358, pl. 10, fig. 1-8).

[2. Voir aussi E. Rudolph und S. Szirtes, *Das kolumbianische Erdbeben am 31. Januar 1906* (Beitr. z. Geophysik, XI, 1911, p. 132-199, pl. I, 2 fig. cartes; p. 207-275, pl. II, 5 fig.).]

[3. Sur les volcans de la Colombie, voir le grand ouvrage posthume d'Alph. Stübel, *Die Vulkanberge von Colombia. Geologisch-topographisch aufgenommen und beschrieben von* —. Nach dessen Tode ergänzt und herausgegeben von Th. Wolf. In-4°, VII-154 p., 37 pl. phot., 3 pl. cartes, Dresden, 1906; compte rendu détaillé par A. Dannenberg, *Die Vulkanberge von Colombia, ein Rückbick auf die Arbeiten und Beschreibungen von* Alphons Stübel *auf dem Gebiete der theoretischen Vulkanologie* (Centralbl. f. Min., 1906, p. 429-437).]

4. W. Reiss und A. Stübel, *Reisen in Süd-Amerika. Geologische Studien in der Republik Colombia*, II; W. Bergt, *Petrographie*; 2. *Die älteren Massengesteine, Krystallinen Schiefer und Sedimente*. In-4°, XVI-239 p., carte, 8 pl., Berlin, 1899, en particulier p. 213. On trouvera en outre plusieurs indications dans J. M. Žujovič, *Les Roches des Cordillères*. In-4°, 75 p., Paris, 1884 (étude de la Collection Boussingault). [Voir aussi E. Lehmann, *Beiträge zur Petographie der Gebietes am oberen Rio Magdalena* (Mineralog.-Petrogr. Mitteil., neue Folge, XXX, 1911, p. 233-280).]

environ[1]. Le Crétacé inférieur, dont Karsten avait déjà reconnu le caractère européen, est représenté par les étages Hauterivien, Barrémien, Aptien et Albien[2]; ensuite vient le Crétacé supérieur (*Ananchytes ovata*, *Spatangus coranguinum*), puis des marnes rouges avec du gypse (couches de Guaduas) que Stille range encore dans le Crétacé, enfin des graviers et des sédiments détritiques à grain fin, considérés comme tertiaires.

Dans l'Amérique occidentale, depuis l'Alaska jusqu'à l'Ecuador, la discordance et la transgression du Crétacé ne commencent donc pas avec le Cénomanien, mais dès le Néocomien. Des Monts Wrangell à la Californie, on se trouve en présence du facies russo-boréal de l'étage de Knoxville; ici, nous retrouvons le facies méditerrano-européen.

La liaison de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud s'aperçoit clairement quand on rapproche de la carte de Sievers, où sont représentées les lignes directrices de la région méridionale (fig. 292), la carte des lignes directrices de l'Amérique Centrale (fig. 288) dressée par Sapper[3]. On remarque alors deux virgations dont les courbures sont inverses, et qui toutes deux vont se confondre dans l'arc des Antilles.

Cet arc représente l'*avancée des plis pacifiques dans le domaine atlantique non plissé*, avancée qui se produit dans l'espace compris entre le Continent Laurentien et le Continent Brésilien[4]. Dans tout cet espace, le mouvement tangentiel pacifique règne sans partage, et c'est lui qui détermine l'allure de toutes les lignes directrices de la côte occidentale, de 43° de lat. N. à 4° de lat. S.

Ecuador, Pérou (I, p. 711). — Du côté de la mer, la Cordillera Occidental est précédée d'une plaine basse; mais du Crétacé à Inocérames de Guayaquil (I, p. 711) surgissent des pointements isolés de syénite et de diorite, et sur la côte orientale de l'Ile de Puná (2° 48′ de lat. S.), Wolf a trouvé une brèche de laves andésitiques[5].

1. Dans cette évaluation sont également comprises les couches de Guaduas, que l'on pourrait tout aussi bien regarder comme tertiaires. La présence du Lias (I, p. 713) n'a pas été confirmée.

2. G. Steinmann, *Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika*, VI. K. Gerhardt, *Beitrag zur Kenntniss der Kreideformation in Columbien* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XI, 1897, p. 118-208, pl. III-V, 14 fig.); Stille, mém. cité, p. 289, et ailleurs.

3. K. Sapper, Verhandl. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, 1900, pl. 7, et Report 8th Internat. Geogr. Congress held in the United States, 1904, p. 238. En s'appuyant sur l'existence simultanée d'anciennes lignes de rivages, phénomène indépendant de la structure des montagnes et qui par conséquent n'a rien à voir ici, Wall a déjà émis l'hypothèse que les Antilles seraient un rameau des Andes : « an extension or offshoot of the Andes » (Quart. Journ. Geol. Soc., XLVII, 1891, p. 239).

[4. Voir G. Schott, *Geographie des Atlantischen Ozeans*. In-8°, Hamburg, 1912, pl. IV.]

5. T. Wolf, *Geografia y Geologia del Ecuador*, publicada por orden del supremo Gobierno de la Republica. In-8°, 671 p., carte géol., Leipzig, 1892; p. 237, 238, 333. D'autres exemples

De la bande littorale d'âge tertiaire, qui s'étend par Piura et le désert de Sechura jusqu'à 7° de lat. S., émergent çà et là des volcans de boue. Grzybowski a trouvé qu'il faut les ranger, avec les gîtes de pétrole, dans le Miocène inférieur ou à la limite de l'Oligocène, par conséquent à peu près au même niveau que les gîtes de pétrole de la Trinité. Mais il y a là du granite au voisinage de 4° de lat. S., sur les bords du Rio Tumbez, et des phyllades ayant une direction N.-S. près de Payta (5° 5′ de lat. S.)[1]. Ce sont là vraisemblablement les contreforts de la *Cordillera de Amotape*, qui est peu connue.

Les hautes montagnes de l'Ecuador sont constituées par une chaîne occidentale, prolongement de la Cordillera Occidental, et dont les matériaux sont principalement des roches intrusives et effusives d'âge mésozoïque, puis par une chaîne orientale qui correspond à la Cordillera Central et qui est, en majeure partie, constituée par des roches précambriennes[2]. Ces deux chaînes sont séparées par la Zone Inter-

de laves récentes sur la côte occidentale ont été signalés au t. I. du présent ouvrage, p. 684. Voir aussi J. Siemiradzki, *Geologische Reisenotizen aus Ecuador. Ein Beitrag zur Kenntniss der typischen Andesitgesteine* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. IV, 1886, p. 195-227, pl. VII).

1. F. Moreno, *Yacimiento de Petroleo en el Departemento de Piura* (Bol. Soc. Geogr. Lima, III, 1894, p. 283-343); G. Grzybowski, *Die Tertiärablagerungen des nördlichen Peru und ihre Molluskenfauna* (G. Steinmann, *Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika*, VIII; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XII, 1899, p. 610-664, pl. XV-XX, dont 1 carte et 1 pl. de coupes). [Voir aussi V. F. Marsters, *Informe preliminar sobre la zona petrolifera del Norte del Peru* (Bol. del Cuerpo de Ing. de Minas del Peru, n° 50. In-8°, 150 p., 30 pl. phot., coupes et cartes, Lima, 1907).

[2. Sur les roches de la Cordillère orientale de l'Ecuador, consulter : W. Reiss und A. Stübel, *Reisen in Süd-Amerika. Das Hochgebirge der Republik Ecuador*. Theil II. *Petrographische Untersuchungen*, 2. *Ost-Cordillere*. In-4°, Berlin. Lief. 1, 1896, 60 p., 3 pl.; Lief. 2, 1902, p. 61-356, 4 pl.; W. Reiss, *Ecuador, 1870-1874. Petrographische Untersuchungen*; Heft 1, *Die vulkanischen Gebirge der Ost-Cordillere von Pambamarca bis zum Antisana*, bearb. von E. Elich. In-4°, 114 p. Berlin, 1901; Heft 2, *Die jüngeren Gesteine der ecuadorianischen Ost-Cordillere*, bearb. von F. Tannhäuser, p. 115-186, 1 pl., 1904; Heft 3, *Die älteren Gesteine der ecuadorianischen Ost-Cordillere...*, bearb. von F. von Wolff, p. 189-304, 1904.]

LÉGENDE DE LA FIGURE 294.

Nomenclature des volcans (ceux qui ont eu des éruptions notables au XIXe siècle sont *en italiques*) :

A. Colombie : I. Groupe de l'Herveo et du Tolima : 1. Mesa Nevada de Herveo; 2. Volcan de Ruiz, Santa Isabel; 3. Tolima. — II. Groupe du Huila : 4. Huila. — III. Groupe du Puracé : 5. *Puracé*; 6. Pan de Azúcar; 7. Sotará, Monts de Silvia et Coquiyó. — IV. Groupe du Tajumbina : 8. Cerro de las Petacas; 9. *Páramo de Animas* et Doña Juana; 10. Tajumbina, Juanoi. — V. Groupe de Pasto : 11. Bordoncillo; 12. *Volcan de Pasto*, Páramo de Frailejon. — VI. Groupe Azufral-Cumbal : 13. Azufral de Túquerres; 14. Cumbal, Páramo de Guan; 15. Chiles; 16. Cerro Negro de Mayasquer, Cerros de Contrayerba; 17. Páramo del Angel.

B. Équateur (les groupes volcaniques y sont mal délimités) : VII. Région du Nord : 18. Páramo de Piñan; 19. Cotocachi; 20. Serrania de Chanchagran; 21. Mojanda; 22. Cusin-urcu; 23. Imbabura; 24. Cordillera de Angochagua; 25. Cayambe; 26. Pambamarca; 27. Guamaní; 28. Chacana; 29. Antisana; 30. Sincholagua; 31. Ilaló; 32. Pasochoa; 33. Rumiñahui; 34. Pululagua; 35. Cerros de Calacalí; 36. Pichincha; 37. Atacazto; 38. Corazon; 39. Iliniza; 40. Cerros de Chaupi; 41. *Cotopaxi*; 42. Quilindaña; 43. Páramo de Pansache. — VIII. Région du Centre : 44. Cordillera de Pillaro; 45. Quilotoa; 46. Quispicasha et Casaguala; 47. Sagoatoa; 48. Cerro Limpi; 49. Igualata; 50. Carihuairazo; 51. Chimborazo; 52. Cerros de Yaruquies; 53. *Tunguragua*; 54. Altar; 55. Quilimás; 56. *Sangay*, Cerros de Tixan. — IX. Région du Sud : 57. Azuay, montagnes d'Azogues, Cuenca et Gualacea.

Échelle de 1 : 10 000 000. Le pointillé représente les plaines et les dépressions. — *a a*, *b b*, limites du secteur volcanique.

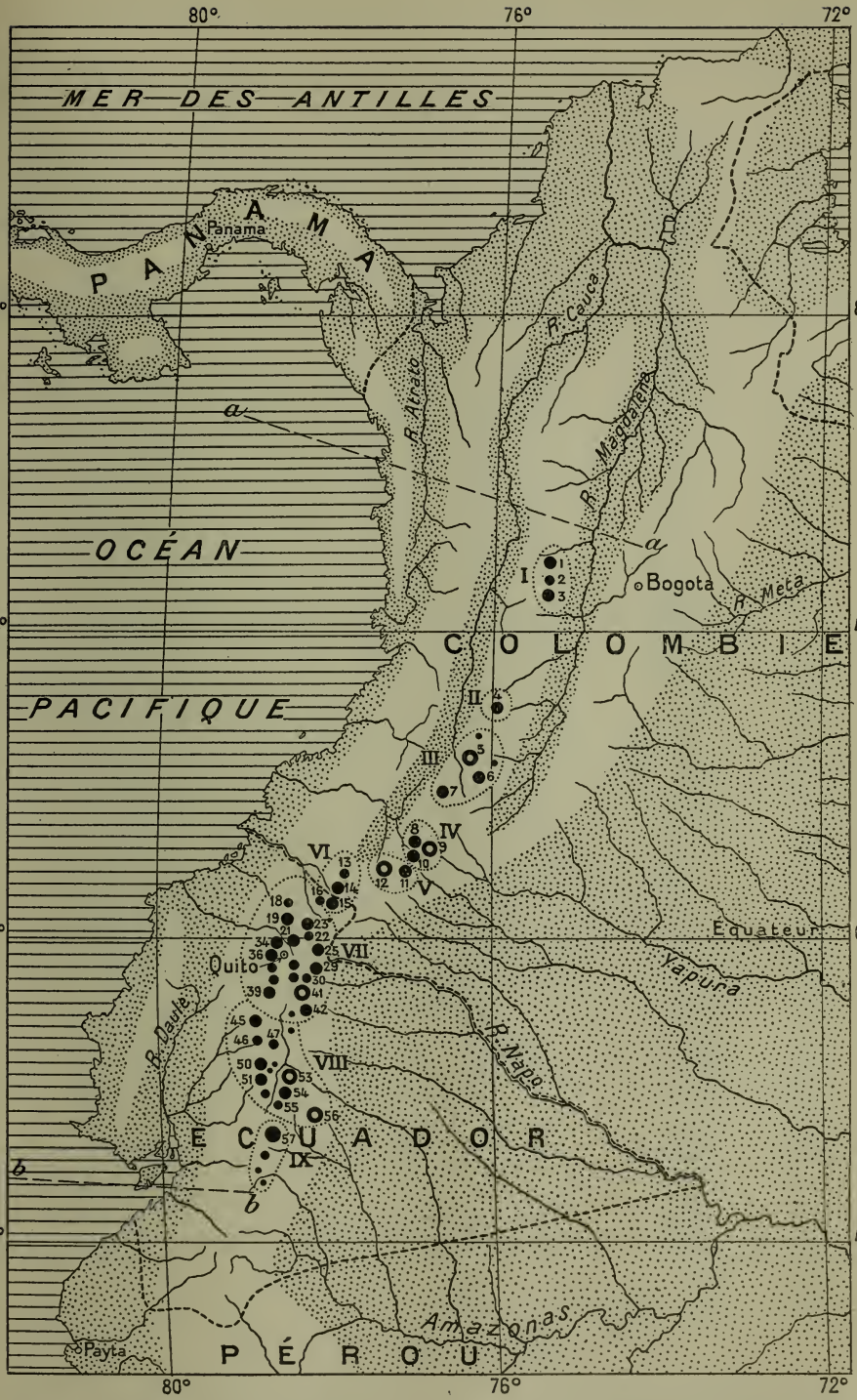


FIG. 294. — Distribution des principaux centres volcaniques dans les Andes de la Colombie et de l'Équateur, d'après A. Stübel (*Petermanns Mitteil.*, XLVIII, 1902, pl. I).

randine qui, de part et d'autre, est bordée de volcans récents (fig. 294), dont les déjections ont recouvert sa surface [1].

Au Sud de 4° 30′, la région montagneuse s'élargit, et dans le Nord du Pérou [2] elle devient aussi plus variée. On y a signalé des coupes (fig. 295) qui comprennent, le long de la côte, les basses montagnes constituées par des roches anciennes, les hautes chaînes méso-

Fig. 295. — Coupe à travers les Cordillères du Nord du Pérou, d'après G. Steinmann (*Geol. Rundschau*, I, 1910, p. 15, fig. 1).

p. Schistes et granites antédévoniens; *ci.* Crétacé inférieur; *cs.* Crétacé supérieur; *cs.*. Crétacé supérieur à facies porphyritique; *γ.* Granodiorites tertiaires; *α.* Roches intrusives andésitiques tertiaires; *r.* Roches volcaniques récentes. — Les traits ponctués représentent les terrains détruits par la dénudation. — Échelle de 1 : 1 000 000 (longueurs et hauteurs).

1. Il y aurait lieu de rechercher si la « région interandine » de Wolf (I, p. 711; par 79° de long. E. Gr. [entre 81° et 82° P.]), et en particulier le voussoir de Cuenca, ne correspondrait pas à un graben. [Sur les grands volcans de l'Équateur, leur topographie et leurs glaciers, voir : A. Stübel, *Die Vulkanberge von Ecuador, geologisch-topographisch aufgenommen und beschrieben*. In-4°, XXI-556 p., 3 pl. dont 1 carte topogr. à 1 : 250 000 en 2 feuilles, 1897; Capitaine G. Perrier, *La figure de la Terre. Les grandes opérations géodésiques. L'ancienne et la nouvelle mesure de l'arc de Quito* (Revue de Géogr., publiée sous la direction de Ch. Velain, II, 1908, p, 201-508, nombreuses fig. et pl.; voir en particulier p. 338-385, pl. IV : carte); Hans Meyer, *In den Hoch-Anden von Ecuador. Reisen und Studien*. In-8°, 14-552 p., 37 pl. phot., 3 cartes col. Atlas in-4° de 44 pl. dont 20 pl. phot. et 24 pl. lithogr. d'après les peintures de R. Reschreiter, 12 p. de texte, Berlin, 1907; comptes rendus, par R. Hauthal, sous le titre de : *Zur Geschichte der glazialen Erforschung Südamerikas* (Petermanns Mitteil., LIV, 1908, p. 116-121), et par J. Partsch, *Hans Meyers Gletscherbeobachtungen in den Hochlanden von Ecuador* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, II, 1907, p. 128-136). Consulter en outre : Hans Meyer, *Die gegenwärtigen Schnee- und Eisverhältnisse in den Anden von Ecuador* (Globus, LXXXV, 1904, p. 148-157, 5 fig.); W. Sievers, *Zur Vergletscherung der Cordilleren des tropischen Südamerika* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, II, 1908, p. 271-284, 8 fig.), et *Die heutige und frühere Vergletscherung Südamerikas* (Sammlung von Vorträge aus dem Gebiet der Naturwissenschaften, herausgeg. von A. Witting, Heft 5). In-8°, 24 p., 6 pl. col. Leipzig, 1911; publié également dans les Verhandl. Gesellsch. Deutsch. Naturforscher u. Aerzte.]

[2. Sur l'orographie et la géologie des Andes péruviennes en général, consulter : G. I. Adams, *An Outline Review of the Geology of Peru* (Ann. Rept. Smithsonian Inst., 1908, p. 385-430, 12 fig., pl. 1-5 : cartes; renferme, p. 428-430, une Bibliographie par ordre chronologique); Is. Bowman, *The Physiography of the Central Andes* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., XXVIII, 1909, p. 197-217, 373-402, 28 fig.); W. Sievers, *Meine Reise in Peru und Ekuador, 1909* (Petermanns Mitteil., LVI, 1910 (I), p. 24, pl. 6 : carte); A. Weberbauer, *Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden in ihren Grundzügen dargestellt* (Die Vegetation der Erde, Sammlung Pflanzengeographischer Monographieen herausg. von A. Engler und O. Drude, XII). In-8°, XII-356 p., 63 fig., 40 pl., 2 cartes, Leipzig, 1911 (renferme, p. 37-70, un aperçu de la géographie physique et de la géologie du Pérou); V. F. Marsters, *The Physiography of the Peruvian Andes, with Notes on Early Mining in Peru* (Annals New York Acad. Sc., XXII, 1912, p. 225-258, pl. XXIII-XXXIII : cartes et phot., 1 coupe dans le texte).]

zoïques [1] et, à l'Est, les roches anciennes affleurant dans la vallée du Marañon [2] (I, p. 705); mais seule la coupe, partant de Lima et longue de 220 kilomètres, que Steinmann a menée à travers la première des hautes chaînes andines, montre que déjà, dans ces parages, apparaît, puissamment développée, la grande cicatrice d'où des roches en fusion, depuis l'époque rhétienne ou depuis l'époque liasique jusqu'à la période actuelle, se sont épanchées comme d'une blessure toujours rouverte (fig. 296).

Parmi ces roches, Steinmann distingue : 1° des *porphyrites basiques* (feldspath basique, augite, fer magnétique et fer titané), comprenant aussi des brèches ou tufs porphyritiques, fréquemment associés à des fossiles jurassiques ou même remplacés entièrement par des sédiments

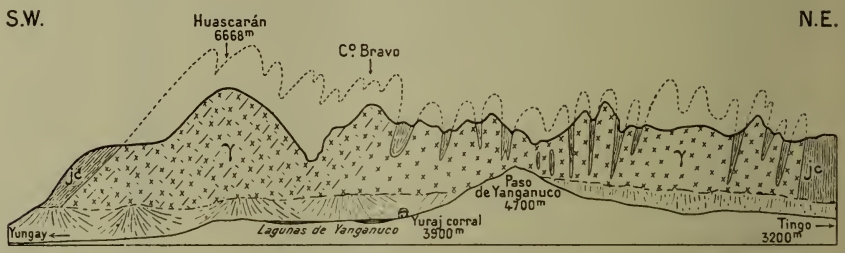


FIG. 296. — Coupe de la chaîne du Huascaran ou Cordillera Blanca (Pérou Septentrional), d'après G. Steinmann (*Geol. Rundschau*, I, 1910, p. 27, fig. 10).

jc. Schistes et grès tithoniques et infracrétacés, modifiés par le métamorphisme de contact; γ, granodiorite, devenant grossièrement stratiforme à l'Ouest (bancs parallèles à la surface des schistes). — Échelle de 1 : 100 000 environ.

jurassiques normaux; 2° les *diorites des Andes* (et granites des Andes), avec filons d'aplite et de pegmatite; 3° des *andésites quartzifères*, qu'on trouve surtout du côté de l'Est; c'est dans leur zone de contact que se trouvent les gîtes métallifères de Cerro de Pasco [3]. Il n'y a point ici de volcans en activité.

Six zones sont énumérées : 1° la zone granitique et tertiaire de la côte (qui n'est pas représentée dans la coupe); 2° une zone de faible largeur constituée par l'Infracrétacé normal, qui ne s'étend guère

[1. C'est dans cette chaîne occidentale, désignée sous le nom de Cordillera Blanca, que se trouve l'un des sommets culminants des Andes, le Huascaran (6 763 m.), dont l'altitude a été déterminée avec une grande précision, en 1909, par E. de Larminat (voir son rapport à la Société Générale d'Études et de Travaux Topographiques : *Détermination de l'altitude du Mont Huascaran (Andes du Pérou) exécutée sur la demande de Madame* F. Bullock-Workman. *Compte rendu de la Mission*. In-4°, 48 p., 12 pl. dont 1 croquis à 1 : 100 000, Paris, 1911).]

[2. W. Sievers, *Die Quellen des Marañon-Amazonas* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1910, p. 511-524, fig. 50 : phot., pl. 7 : carte à 1 : 1 000 000).]

[3. Sur les roches intrusives des Andes péruviennes et leurs relations avec les grands mouvements orogéniques dont ces montagnes portent l'empreinte, voir G. Steinmann, *Gebirgsbildung und Massengesteine in der Kordillere Südamerikas* (Geol. Rundschau, Leipzig, I, 1910, p. 13-16 et 17-35, 11 fig.).]

au delà de Lima[1]; 3° la zone des diorites; 4° une zone porphyritique d'âge mésozoïque; 5° une zone de calcaires mésozoïques normaux; 6° à l'Est, une zone de schistes anciens et de granite.

Mais, pour bien nous rendre compte de l'échelle, il ne faut pas perdre de vue que la coupe passant par ces chaînes antérieures des Andes représente une longueur égale à la distance qui sépare le bord externe de la Chaîne du Jura, au Sud de Bâle, du rivage méridional du Lac Majeur. Près de la moitié de cet espace revient aux zones 3 et 4. Les andésites quartzifères, en particulier, sont encore abondamment représentées dans la zone 5.

Au point de départ de cette coupe, près de la ville de Lima et dans l'Ile de San Lorenzo, qui lui fait face, on voit apparaître sous les couches marines du Néocomien, d'après R. Neumann, une flore wealdienne comprenant quelques espèces européennes; ce fait prouve une fois de plus que les chaînes côtières ont été à différentes reprises, pendant l'ère mésozoïque, et par endroits tout au moins, des terres émergées[2].

[1. Voir C. J. Lisson, *Contribucion à le geologia de Lima y sus alrededores*. In-8°, 124 p., 22 pl. dont 1 carte géol., Lima, 1907. — *Le Boletin del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Peru*, publié depuis 1902 par le Ministerio de Fomento (in-8°), renferme, au milieu de données d'un caractère pratique (exploitation des mines, irrigations, etc.), un certain nombre d'indications intéressant la géologie; voir, en particulier : E. J. Dueñas, *Recursos minerales de los Distritos de Chacas y San Luis* (n° 15, 1904, 142 p., 3 pl. dont 1 coupe à 1 : 500 000 et 1 carte géol. à 1 : 200 000); C. J. Lisson, *Los Tigillites del Salto del Fraile y algunas Sonneratia del Morro Solar* (n° 17, 1904, 64 p., 38 fig. dans le texte); E. A. V. de Habich, *Yacimientos carboniferos del Distrito de Checras* (n° 18, 1904, 32 p., 2 pl. coupes, 1 carte, 10 fig. phot.; fossiles crétacés, p. 25); F. de Lucio, *Recursos a importancia de la Provincia de Pataz* (n° 21, 1905; comprend, p. 53-60, un appendice paléontologique par J. J. Bravo : fossiles bajociens); G. Masias, *Estado actual de la industria minera de Morococha* (n° 25, 1905; p. 91-110, annexe sur la paléontologie du Yauli, par J. J. Bravo); L. Pflücker, *Informe sobre los yacimientos auriferos de Sandia* (n° 26, 1905; 40 p., 6 pl. dont 1 coupe à 1 : 400 000 et 1 carte); F. G. Fuchs, *La region cuprifera de los alrededores de Ica y Nazca* (n° 29, 1905; 100 p., 1 pl. coupes, 1 carte géol.); F. M. Santolalla, *La Provincia de Contumaza y sus asientes minerales* (n° 38, 1906; 57 p., 3 pl. dont 1 coupe); C. E. Velarde, *La region minera de Huancavelica, Distrito de Huaillay, Provincia del Cerro de Pasco* (n° 44, 1906; 40 p., 2 cartes, 1 pl. de coupes; géologie, p. 14-18); F. M. Santolalla, *Riquezas minerales de la Provincia de Santiago de Chuco* (n° 46, 1906; 120 p., 6 pl. phot. et carte); E. J. Dueñas, *Aspecto minero del Departamento del Cuzco* (n° 53, 1907; 194 p., 2 pl. phot., 2 cartes; p. 21-43 : géologie régionale); A. Jochamowitz, *Recursos minerales del Departamento de Apurimac* (n° 58, 1908; 99 p., 5 pl. phot., carte et coupe); E. J. Dueñas, *Fisionomia minera de las Provincias de Tayacaja, Angaraes y Huancavelica* (n° 62, 1908; 197 p., 7 pl. phot., cartes et coupes; géologie, p. 23-32 et 150-155); E. du Bois Lukis, *Informe preliminar sobre el yacimiento carbonifero de Huayday, Provincia de Otuzco, Departamento de la Libertad* (n° 64, 1908; 62 p., 5 pl. phot., cartes et coupes; fossiles infracrétacés et plantes crétacées); A. Jochamowitz, *Estado actual de la mineria en Morococha* (n° 65, 1908; 64 p., 11 pl. dont 1 carte géol. et 1 coupe); E. du Bois Lukis, *Yacimientos carboniferos de los Departamentos de la Libertad, Cajamarca y Ancachs* (n° 69, 1909; 63 p., 24 pl. phot., 1 carte : Crétacé supérieur); C. Herrera, *Estado actual de la mineria de la Provincia de Huarochiri* (n° 72, 1909; 49 p., 8 pl. dont 1 coupe géol).]

2. G. Steinmann, *Observaciones geológicas efectuadas desde Lima hasta Chanchamayo* (Bol. del Cuerpo de Ingen. de Minas del Peru, n° 12, Lima, 1904, 27 p., 2 pl. de coupes); R. Neumann, *Beiträge zur Kenntniss der Kreideformation in Mittel-Peru* (G. Steinmann, *Beiträge zur Geologie*

Cordillera Real (I, p. 690), **Chaînes argentines** (I, p. 682). — A partir du Pérou, la chaîne se divise en trois zones principales[1]. La première, à l'Est, est la Cordillera Real, qui longe le rivage oriental du Lac Titicaca[2]; la seconde est la Cordillera de los Andes, sur laquelle se sont greffés les volcans; la troisième est la Cordillera de la Costa. Les données qui ont été réunies depuis qu'il a été question pour la première fois de ces hautes chaînes, dans le présent ouvrage, permettent de reconnaître que la Cordillera Real, l'Altaplanicie Bolivienne[3], qui la précède du côté de l'Ouest, et de même, au Sud, les Chaînes Argentines sont constituées par la série des couches qui recouvrent une grande partie du Massif Brésilien; d'autre part, la Cordillera de los Andes et la Cordillera de la Costa présentent une série sédimentaire différente, caractérisée par la disparition des dépôts paléozoïques marins et par le développement des terrains mésozoïques. Ce fait est très important pour l'intelligence de l'Amérique du Sud tout entière, et aussi pour la comparaison avec l'Amérique du Nord.

und Palaontologie von Südamerika, XIII; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXIV, 1907, p. 69-132, pl. I-V). [Voir aussi R. Zeiller, *Sur quelques plantes wealdiennes du Pérou* (C. R. Acad. Sc., CL, 1910 1er sem., p. 1488-1490). — Sur les faunes crétacées du Pérou et des régions voisines, consulter en outre : W. Paulcke, *Ueber die Kreideformation in Südamerika und ihre Beziehungen zu anderen Gebieten* (G. Steinmann, *Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika*, X; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XVII, 1903, p. 252-312, pl. XV-XVII, 5 fig. dans le texte; renferme, p. 253-259, une longue Bibliographie); L. Sommermeier, *Die Fauna des Aptien und Albien im Nördlichen Peru* (Id., XV; Ibid., XXX, 1910, p. 313-382, pl. VII-XV, 37 fig. dans le texte); O. Schlagintweit, *Die Fauna des Vracon und Cenoman in Peru* (Id., XVII; Ibid., XXXIII, 1912, p. 43-135, pl. V-VII, 3 fig.; départements d'Ancachs, La Libertad, Cajamarca); H. Brüggen, *Die Fauna des unteren Senons von Nord-Peru* (Id., XVI; Ibid., XXX, 1910, p. 717-788, pl. XXV-XXXIX, 17 fig. dans le texte).]

[1. Sur l'orographie du Pérou méridional et de la Bolivie, consulter le mémoire de V. Huot, *Géographie des Hauts-Plateaux des Andes* (Mission scientifique G. de Créqui-Montfort et E. Sénéchal de La Grange). In-8°, IV-84 p. Paris, 1908. Voir aussi la belle carte dressée par le même : *Régions des Hauts Plateaux de l'Amérique du Sud (Bolivie, Argentine, Chili, Pérou) parcourues par la Mission française* de G. de Créqui-Montfort et E. Sénéchal de La Grange, 6 feuilles à 1 : 750 000, Paris [1905]. — Une autre carte, intitulée : *South Peru and North Bolivia, including the Rubber yielding Montaña* (1 : 2 000 000), accompagne l'article de Sir Clements A. Markham, *The Land of the Incas* (Geogr. Journ., London, XXXVI, 1910, p. 381-404, 512, 6 fig.; note sur la construction de la carte, par E. A. Reeves, p. 398-404).]

[2. Sur ce grand lac et l'histoire de ses fluctuations, voir : Dr M. Neveu-Lemaire, *Les lacs des Hauts Plateaux de l'Amérique du Sud* (Mission scientifique G. de Créqui-Montfort et E. Sénéchal de La Grange). In-8°, VI-197 p., 41 fig., 18 pl. dont 9 cartes, Paris, 1906; et *Le Titicaca et le Poopo. Contribution à l'étude des lacs des hauts plateaux boliviens* (La Géographie, Paris, IX, 1904, 1er sem., p. 409-430, fig. 53-56, pl. III : carte bathymétrique); A. Posnansky, *El clima del Altipiano y la extensión del Lago Titicaca con relación á Tihuanacu en épocas prehistóricas* (República de Bolivia, Bol. Oficina Nacional de Estadística, V, 1910, p. 689-702, 2 pl. dont 1 coupe géol.); L. Smidt, *El Lago Titicaca* (Ibid., VI, 1911, p. 156-163 et 222-226); A. Posnansky, *Rectificaciones* (Ibid., VI, 1911, p. 288-295); R. E. Coker, *Lake Titicaca, the most remarkable Lake of the World* (Internat. Revue der gesammten Hydrobiol. u. Hydrogr., IV, 1911, p. 174-182).]

[3. Sur la géologie de la Bolivie, voir la récente traduction espagnole de l'ouvrage fondamental d'Alcide d'Orbigny : *Estudios sobre la Geología de Bolivia. Traducidos y acompañados de algunas notas y un mapa geológico de Bolivia por* Victor E. Marchant. In-8°, XIX-262-104 p. La Paz, 1907.]

Nous aborderons les montagnes en venant du Nord-Est. De ce côté, la couverture sédimentaire a tout entière disparu, à part de très faibles traces. Evans a rencontré sur le Madeira, par 9° de lat. S., quelques affleurements; il a remarqué que les terrains anciens y affectent déjà une direction parallèle à celle de la Cordillère. Là apparaissent des granites alcalins, des granulites et d'autres roches cristallines; puis, sur le Beni, dans des rapides fort éloignés les uns des autres, du gneiss, de l'aplite et une roche siliceuse contenant des débris de Spongiaires. La plaine est étonnamment déprimée; dans le Caupolicán, sur de grandes étendues, on se trouve seulement à 250-300 mètres au-dessus du niveau de la mer. La Cordillera Real s'élève très rapidement; dans la direction du Nord-Ouest, au delà du Nudo de Apollobamba, ses extrémités, qui sont libres, s'évanouissent[1]. Puis viennent, à l'Est et au Sud-Est du Titicaca, les montagnes géantes : Illimani, Illampu, etc.[2]. Les Nevados de Araca sont leur prolongement au S.S.E.; cette orientation se maintient jusqu'au Nord de Cochabamba, où apparaît inopinément la direction W.-E., puis vient une brusque inflexion vers le Sud; on dirait presque que le Golfe d'Arica annonce un rebroussement réel à l'intérieur du pays, quoique l'allure des plis, comme on le verra bientôt, ne réponde pas, du moins au Sud, à cette conception. Là commencent les longues Sierras Argentines, dont les extrémités libres viennent aussi mourir bien loin au Sud.

Des abords du sommet de l'Illimani, Conway a rapporté du gneiss et du granite à gros grains[3]. Les terrains paléozoïques constituent les

1. J. W. Evans, *Expedition to Caupolican, Bolivia, 1901-1902* (Geogr. Journ., XXII, 1903, p. 601-646, 8 fig., 1 carte p. 729); du même, *The Rocks of the Cataracts of the River Madeira and the adjoining Portions of the Beni and Mamoré* (Quart. Journ. Geol. Soc., LXII, 1906, p. 88-124, pl. V, carte de la p. 94).

[2. Voir les articles de H. Hoek, *The Cordillera de Potosi* (Alpine Journal, XXIII, 1906, p. 19-30, 2 pl.), et *Bergfahrten in Bolivia* (Zeitschr. Deutsch.-Oesterr. Alpenver., XXXVI, 1905, p. 165-194, 12 fig., 4 pl. dont 2 cartes; XXXVII, 1906, p. 162-190, 6 fig., 1 pl.; XXXVIII, 1907, p. 121-148, 3 fig. cartes, 1 pl.); et surtout l'ouvrage de R. Hauthal, *Reisen in Bolivien und Peru ausgeführt 1908 mit Unterstützung des Herrn Dr.* Hans Meyer, *der* Gesellschaft für Erdkunde zu Leipzig *und des früheren Kaiserl. Gesandten Hrn.* von Waldhausen (Wissenschaftliche Veröffentlichungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Leipzig, VII). In-8°, x-247 p., 4 cartes, 88 phot. hors texte, 14 fig. et 5 pl. de fossiles, Leipzig, 1911 (p. 189-220, Appendice paléontologique par S. Roth et H. Salfeld; p. 221-225, liste des échantillons de roches, déterminés par W. Bergt; p. 235-243, Bibliographies glaciaire et géologique de l'Amérique du Sud). Les études de R. Hauthal ont porté particulièrement sur les glaciers des Andes centrales et leur ancienne extension (p. 169-183 : « Uebersicht über die glazialen Verhältnisse des Reisegebietes »); superbes photographies. — Voir aussi Th. Herzog, *Beiträge zur Kenntnis von Ostbolivien* (Petermanns Mitteil., LVI, 1910, 1er sem., p. 136-138, 194-200, pl. 25, 34, 35 : cartes et phot.), et *Reisebilder aus Ost-Bolivia* (Neujahrsblatt herausg. von der Naturforsch. Gesellsch. in Zürich auf das Jahr 1910, 112. Stück. In-4°, 37 p., 6 pl.).]

3. Sir Martin Conway, *Explorations in the Bolivian Andes* (Geogr. Journ., XIV, 1899, p. 14-34, 8 fig., 1 carte p. 128; voir surtout T. G. Bonney, ibid., p. 18 et 31); Ph. Lake, *Trilobites from Bolivia, collected by Dr.* J. W. Evans *in 1901-1902* (Quart. Journ. Geol. Soc., LXII, 1906, p. 425-430, pl XL); Ethel M. R. Wood, *On Graptolites from Bolivia*, etc. (Ibid., p. 431-432).

pentes. Steinmann et ses collaborateurs, Hoek et von Bistram, ont, d'une manière fort instructive, exposé la structure des chaînes depuis l'Illimani (16° 40′), en passant par l'inflexion qui se produit près de Cochabamba, jusqu'à 22° 30′. Le gneiss disparaît bientôt. Des sédiments cambriens, siluriens et dévoniens[1], et, par-dessus, un grès rouge d'âge crétacé, le grès de Puca de Steinmann, constituent, disposés en longs plis, toute la chaîne. Le plissement, autant qu'on peut le reconnaître, est dirigé vers l'E., et doit être postérieur au grès crétacé de Puca. L'extension de ce grès est si considérable qu'il paraît difficile de concilier sa transgression avec l'existence antérieure d'une haute chaîne de montagnes[2].

Ces résultats cadrent très bien avec des observations importantes, faites récemment par les géologues argentins; je suis redevable de leur communication à l'obligeance de MM. Hermitte, Keidel et Schiller.

Le plissement vers l'Est est encore reconnaissable dans la partie orientale-extrême de la chaîne; sur le versant oriental de la Sierra de Zenta (par 23° de lat. S. environ, et 65° 10′ de long. W.), Keidel a rencontré des écailles de phyllades et de couches cambriennes et siluriennes inférieures, poussées vers l'Est; le Crétacé supérieur prend part encore à ces imbrications. Le rebord oriental de la Précordillère semble coïncider en maints endroits, au dire de Keidel, avec le front d'un voussoir refoulé sur un massif invisible; ce rebord représenterait à peu près la limite orientale jusqu'où l'action des mouvements horizontaux s'est fait directement sentir. Valentin a déjà vu, lui aussi, des écailles analogues dans la même région, sur le haut Bermejo[3].

[1. G. Steinmann und H. Hoek, *Das Silur und Cambrium des Hochlandes von Bolivia und ihre Fauna* (G. Steinmann, *Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Südamerika*, XVIII; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXIV, 1912, p. 176-252, pl. VII-XIV, 6 fig. dans le texte); R. Knod, *Devonische Faunen Boliviens* (G. Steinmann, *Beiträge*, etc., XIV; Neues Jahrb., Beilage-Bd. XXV, 1908, p. 493-600, pl. XXI-XXXI).]

2. H. Hoek und G. Steinmann, *Erläuterung zur Routenkarte der Expedition Steinmann, Hoek, v. Bistram in den Anden von Bolivien 1903-04* (Petermanns Mitteil., LII, 1906, p. 1-13, 25-32, pl. 1, 2 : cartes). [Ces itinéraires ont été reproduits dans *L'Année cartographique* de F. Schrader, 16e année, Paris, 1906.]

3. H. Keidel, *Ueber den Bau der Argentinischen Anden* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., CXVI, Abth. I, 1907, p. 649-674, 1 fig.); J. Valentin, *Bosquejo geologico de la Argentina* (extr. de la 3e éd. de F. Latzina, *Diccionario geografico argentino*). In-8°, 50 p., Buenos Aires, 1897. [Voir aussi E. A. S. Delachaux, *Las regiones físicas de la República Argentina* (Revista del Museo de La Plata, XV, 1908, p. 102-131, pl. I-VIII : cartes); J. Keidel, *Informe sobre los trabajos efectuados por la sección Geologia de la división de Minas, Geologia é Hidrologia en los años 1906, 1907 y 1908* (Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geol., V, n° 2, 1910, p. 27-77, 1 pl. carte); République Argentine, Ministère de l'Agriculture. *Les recherches minéralogiques, géologiques et hydrologiques dans la République Argentine. Guide de l'Exposition de la Division des Mines, Géologie et Hydrologie à l'Exposition Internationale de Rouboix, 1911.* In-8°, 51 p. Buenos Aires, 1911; R. Stappenbeck, *Uebersicht über die nutzbaren Lagerstätten Argentiniens und der Magelhaensländer* (Zeitschr. f. prakt. Geol., XVIII, 1910, p. 67-81, 2 cartes dans le texte; renferme une Bibliographie).]

A partir de là, jusque vers Mendoza, sur douze degrés de latitude, le rebord oriental de la chaîne laisse voir de longues fractures, des horsts et des fossés d'effondrement qui recoupent les plis. Brackebusch n'a pas distingué, sur cette étendue, moins de neuf chaînes distinctes ou coulisses s'avançant dans la direction du Sud; les coulisses orientales surgissent de la plaine plus isolées, les coulisses occidentales sont plus longues et plus étroitement serrées les unes contre les autres. De cette façon, les isohypses tracées par le même explorateur donnent une image qui rappelle, sur une plus grande échelle d'ailleurs, le rebord externe des Montagnes Rocheuses représenté à la page 1147, fig. 258[1].

Ce sont des extrémités libres, qui surgissent de réseaux de fractures. C'est ce qu'ont constaté notamment Stappenbeck dans la province de La Rioja et Keidel dans la province de Mendoza[2]. Des accidents transversaux se présentent également; grâce à la persistance du plissement, des torsions se sont produites aux environs de Mendoza, et aussi des chevauchements des couches cambriennes sur les couches rhétiennes à empreintes végétales.

Les Précordillères Argentines ont pris naissance de la façon suivante : sous la latitude du Golfe d'Arica environ, *la partie occidentale de l'avant-pays représenté par le Continent Brésilien s'est trouvée débordée par un plissement dirigé vers l'Est, en même temps qu'elle s'effondrait suivant des lignes subméridiennes; mais la puissance du phénomène a été en diminuant dans la direction du Sud, et toute trace en a disparu au Sud de Mendoza.* Ce phénomène n'a peut-être pas encore pris fin aujour-

1. L. Brackebusch, *Mapa Geológico del Interior de la Republica Argentina.* Construido sobre los datos existentes, y sus proprias observaciones hechas durante los años 1875 hacha 1888, 1 : 1 000 000. 5 feuilles in-f°, Gotha, 1892; le même, *Höhenschichten-Karte des Nordwestlichen Teiles der Argentinischen Republik*, 1 : 3 000 000 (Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, pl. 10) [et *Physiographische Karte...* Ibid., pl. 11]. Un résumé des travaux pétrographiques a été donné par J. Romberg, *Petrographische Untersuchungen an Argentinischen Graniten* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. VIII, 1893, p. 276-406).

[2. Voir aussi G. Bodenbender, *Contribución al conocimiento de la Precordillera de San Juan y Mendoza y de las Sierras centrales de la República Argentina* (Bol. Acad. Nac. de Ciencias, Córdoba, XVII, 1902, p. 203-261, coupes), et *Constitución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limitrofes, República Argentina* (Ibid., XIX, 1911, p. 1-220, 12 pl. phot., 1 pl. de coupes, 1 carte géol. à 1 : 250 000; ce mémoire a été reproduit, sous une forme légèrement différente, dans les Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geologia, VII, n° 3, 167 p., 24 phot., 1 pl. de coupes, 1 carte géol. à 1 : 500 000); — R. Stappenbeck, E. Hermitte y J. Keidel, *La Precordillera de San Juan y Mendoza* (Anales Minist. Agricult., Sección Geol., Div. de Minas, etc., IV, n° 3, 1910; 187 p., 23 fig. dans le texte, 15 pl. phot., 7 pl. de coupes, 1 carte géol. à 1 : 500 000); — R. Stappenbeck, *Umrisse des geologischen Aufbaues der Vorkordillere zwischen den Flüssen Mendoza und Jachal, Westargentinien* (Geol. u. Paläontol. Abhandl., herausg. von E. Koken, XIII (Neue Folge, IX), 1911. In-4°, 143 p., 33 fig., 3 pl., 1 carte géol. à 1 : 500 000); et *Die Vorkordillere zwischen den Flüssen Mendoza und Jachal in Argentinien* (Petermanns Mitteil., LVII, 1911 (I), p. 293-297, pl. 53 : carte à 1 : 500 000; cette carte a été reprod. dans *L'Année cartographique* de F. Schrader, 22e année, 1911. Paris, 1912).]

d'hui. Les accumulations très considérables de graviers et de conglomérats post-crétacés, qui souvent garnissent les versants, montrent des inclinaisons qui atteignent jusqu'à 60° et des discordances manifestes. Des tremblements de terre partent quelquefois du réseau de fractures de Mendoza[1].

Encore qu'on en ait donné une explication différente, il semble bien qu'on doive rattacher la *Sierra* isolée de *Cordoba* (2 530 m.) au même phénomène. Elle est formée presque exclusivement de roches précambriennes. D'après Bodenbender, ses plis se poursuivent sur quatre degrés de latitude, avec une orientation moyenne N. 25° W. (il y a des déviations locales qui vont jusqu'à N. 25° E.); ils sont coupés par des failles plus récentes; toute la bordure occidentale, de direction subméridienne, est peut-être une cassure de ce genre. Une couverture gréseuse, dont l'âge est vraisemblablement permo-triasique, trahit de même des effondrements importants[2].

Ce plissement, qui pénètre si profondément au cœur de l'avant-pays, est unique en son genre; aussi permet-il une comparaison plus serrée des Andes et du Brésil[3].

[1. P. A. Loos, *Untersuchungen über die Erdbeben der Stadt Mendoza und Umgebung mit besonderer Berücksichtigung des Bebens vom 12. August 1903* (Beitr. zur Geophysik, IX, 1908, p. 152-200, 236bis). — Sur les tremblements de terre observés dans la partie occidentale de la République Argentine, au Chili, en Bolivie et dans le Sud du Pérou, voir les travaux suivants de F. de Montessus de Ballore; *Les Andes méridionales sismiques* (Bull. Soc. Belge de Géol., etc., Bruxelles, XVIII, 1904, Mém., p. 79-105, pl. I : carte); *Ensayo de una Bibliografia sísmica de los Andes meridionales al Sur del paralelo XVI* (Boletin del Servicio Sismolójico de Chile, II, 1909, p. 258-281); *Un siglo de observaciones sísmicas, 1810 a 1909. Repartición jeográfica de la sismicidad de los Andes meridionales al sur del decimosesto paralelo* (Ibid., p. 244-247); *Lista provisional de los principales fenómenos sísmicos acaecidos en los Andes meridionales...* (Ibid., p. 251-258; extrait, sous le titre de : *A Provisional List of Destructive Earthquakes of the Southern Andes, South of Lat. 16°*, British Assoc. Adv. Sc., 80th Meeting, Sheffield, 1910, p. 69-71); *Historia sísmica de los Andes Meridionales*, I, II. In-8°, 345 et 236 p., 10 pl. Santiago de Chile, 1911, 1912; *Sur la répartition de l'instabilité sismique en Bolivie* (C. R. Acad. Sc., CLIII, 1911, 2e sem., p. 988-990).]

2. G. Bodenbender, *La Sierra de Córdoba : Constitución geólogica y Productos Minerales de Aplicación* (Anales Ministerio de Agricolt., Seccion Geol., I, n° 2, 1905. In-8°, 147 p., 30 pl., 1 carte géol.). [Voir aussi G. Rovereto, *Studi di Geomorfologia Argentina, I. La Sierra di Cordova* (Boll. Soc. Geol. Italiana, XXX, 1911, p. 1-19, pl. I, II : phot., 9 fig. dans le texte).]

[3. Pour une énumération des principaux travaux récents relatifs à la géologie du Brésil, voir John C. Branner, *Bibliography of the Geology, Mineralogy and Paleontology of Brazil* (Archivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, XII, 1903, p. 197-309; réimpr., avec nombreuses additions et corrections, Bull. Geol. Soc. of America, XX, 1909, p. 1-132); M. Arrojado R. Lisboa, *Bibliographia mineral e geologica do Brazil, 1903 a 1906* (Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, ns 8 e 9, 1907, p. 201-219 et 1-62; O. A. Derby, *Estudios geológicos en el Brazil* (Trabajos del 4e Congreso scientifico (1e Pan-Americano), 1911, p. 498-507). — Pour un exposé d'ensemble, consulter l'ouvrage de J. C. Branner, *Geologia Elementar, preparada con referencia especial aos Estudantes Brazileiros*. In-8°, Rio de Janeiro e São Paulo, 1908. Voir, en outre, le rapport de J. B. Woodworth : *Geological Expedition to Brazil and Chile, 1908-1909* (Bull. Mus. Comparat. Zool., Harvard College, LVI, n° 1 (Geol. Ser., X. Shaler Memorial Ser., n° 1), 1912), notamment p. 41-116, chap. IV-VII (Geology of South Brazil; Permian Glacial Deposits; Triassic Trap Plateau; Geomorphology).]

Sur le cours inférieur de l'Amazone, Katzer décrit du Dévonien transgressif sous la forme de l'étage de Hamilton des États-Unis (étage d'Oriskany, d'après Schuchert). Dans le Matto Grosso, on retrouve encore, d'après les données de L. von Ammon, l'étage de Hamilton, caractérisé par une espèce qui possède une extension considérable, *Vitulina pustulosa*; mais on y rencontre aussi l'étage supérieur de Helderberg (et du grès d'Oriskany), qui le précède immédiatement dans le temps, et qui renferme d'innombrables exemplaires de *Leptocœlia* (*Anoplotheca*) *flabellites*. Ces deux étages, l'étage à Leptocœlies et l'étage à Vitulines, ont été observés par Bodenbender dans les Précordillères, séparés seulement du Silurien inférieur par un banc à *Meristella*; Kayser en a conclu à une transgression. Les deux étages atteignent le Lac Titicaca[1].

Sur les bords de l'Amazone on rencontre encore, faisant suite aux couches précédentes, du Carbonifère supérieur marin. Près du Lac Titicaca, puis très loin vers le N.E., et vers le S.E. jusqu'au voisinage de Cochabamba, le Carbonifère (supérieur?) apparaît également (I, p. 690)[2].

Dans le Nord du Brésil et dans cette partie des Andes, les formations marines cessent complètement avec le Carbonifère, et elles font défaut jusqu'à l'époque de l'invasion supracrétacée, qui se produit de part et d'autre; toutefois, au Brésil, ce recouvrement se borne à une transgression en partie marine, n'affectant que la bande sublittorale[3]. Les

1. F. Katzer, *Das Amazonas-Devon und seine Beziehungen zu den anderen Devongebieten der Erde* (Sitzungsber. K. böhm. Gesellsch. Wiss., Prag, 1897, XLVI, 50 p., 1 carte, en particulier p. 41); du même, *Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes* (*des Staates Para in Brasilien*). In-8°, 296 p., 261 fig., 1 carte géol., Leipzig, 1903, en particulier p. 244 et suiv.; voir aussi Ch. Schuchert, *Geology of the Lower Amazon Region* (Journ. of Geol., XIV, 1906, p. 722-746); L. v. Ammon, *Devonische Versteinerungen von Lagoinho in Mato Grosso* [*Brasilien*] (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk., XXVIII, 1893, p. 352-366); G. Bodenbender, *Devono y Gondwana en la Republica Argentina. Las Formaciones sedimentarias de la Parte nordoeste* (Bol. Acad. Cienc. Córdoba, XV, 1897, p. 201-255, 2 pl. dont 1 carte géol.); du même, *Contribucion al conocimiento de las Precordilleras de San Juan de Mendoza y de las Sierras Centrales de la Republica Argentina*, etc. (Ibid., XVII, 1902, p. 203-264, pl. I-II, en particulier p. 221 et 232); E. Kayser, *Beiträge zur Kenntniss einiger palæozoischer Faunen Sudamerikas* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLIX, 1897, p. 274-317, pl. VII-XII); pour tous les détails, voir A. Ulrich, *Paläozoische Versteinerungen aus Bolivien* (G. Steinmann, *Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Südamerika*, I; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. VIII, 1893, p. 5-116, pl. I-IV), en particulier p. 90 et suiv., et J. Thomas, *Neue Beiträge zur Kenntniss der devonischen Fauna Argentiniens* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVII, 1905, p. 233-290, pl. XI-XIV). [Sur le Dévonien du Brésil, voir le beau mémoire de J. M. Clarke, *Fosseis Devonianos do Paraná*. In-4°, xx-353 p., 27 pl. Rio de Janeiro, 1913 (Serviço Geol. e Mineralog. do Brasil, Monographias, vol. I. En portugais et en anglais).]

2. Sur le haut Pachitea (affluent de g. de l'Ucayali, 10-11° de lat. S.), on trouve du Carbonifère supérieur à *Spirifer Condor*, etc. (fossiles recueillis par Orton et déterminés par Derby); F. Katzer, *Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes*, p. 246.

[3. Voir O. A. Derby, *Sedimentary Belt of Coast of Brazil* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 218-237, 1 carte dans le texte; Bibliographie).]

dépôts marins d'âge tertiaire font complètement défaut. Dans le Sud du Brésil, les dépôts marins sont d'ailleurs peu développés jusqu'à l'entrée en scène d'une grande transgression tertiaire venant du Sud, de la région du Rio de la Plata[1].

Nous arrivons aux formations qui ne sont pas d'origine marine.

Dans les Précordillères, entre San Juan et Mendoza, Szajnocha a signalé l'existence de la flore du Culm d'Europe; cette flore n'est pas encore connue au Brésil[2].

Zeiller a montré que les couches houillères du Rio Grande do Sul et de la partie méridionale de Santa Catharina (28° 32′ de lat. S., 48° 54′ de long. W.) se placent au niveau de la flore de Karharbari du Gondwana inférieur de l'Inde.

Kurtz a découvert la même flore à Bajo de Velis (Sierra de San Luis, 32° 20′ de lat. S., 65° 30′ de long. W.), et Bodenbender l'a trouvée dans des grès qui, dans les Sierras dites Pampéennes et dans les Précordillères, reposent sur un substratum tantôt archéen et tantôt paléozoïque. Une espèce caractéristique, *Glossopteris Browniana*, ne fait pas défaut non plus, et un *Lepidodendron* accompagne cette flore, comme dans l'Afrique Australe et sur la Nijniaïa Toungouska (III, 1re partie, p. 45)[3].

[1. Sur la géologie du massif brésilien et de ses dépendances, au Sud et à l'Ouest, consulter : I. C. White, *Geology of South Brazil* (Science, New York, new ser., XXIV, 1906, p. 377-379); K. Schuster, F. von Kerner und F. Becke, *Petrographische Ergebnisse der brasilianischen Expedition 1901 der Kais. Akademie der Wissenschaften* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Kl., CXVI, 1907, Abt. I, p. 1111-1203, 1 carte); Comissão de Estudos das Minas de Carvão de pedra do Brazil, *Relatorio final* apresentado a S. Ex. o Sr. Dr. L. S. Muller, Ministro de Industria, Viação e Obras Publicas. In-4°, XXVIII-617 p., 2 cartes, 14 pl. Rio de Janeiro, 1908 (I. *Geologia*, pelo I. C. White; II. *Mesosaurus brasiliensis*, pelo J. H. Mc Gregor; III. *Flora fossil dos Coal-Measures do Brazil*, pelo D. White); P. Denis, *L'État de Saint-Paul d'après les travaux de la Commission géographique* (Annales de Géogr., XVII, 1908, p. 328-343, pl. XVII; carte hypsométrique); M. Arrojado R. Lisboa, *Oeste de S. Paulo. Sul de Mato-Grosso. Geologia, Industria mineral, Clima, Vegetação, Solo agricola, Industria pastoril* (Estrada de Ferro Noroeste do Brasil. Commissão E. Schnoor). In-4° III-III-172 p., 20 pl. dont 1 carte géol. d'une partie de l'État de Matto Grosso à 1 : 2 000 000 et 1 coupe à 1 : 1 000 000, Rio de Janeiro, 1909. — Sur l'Uruguay, voir : C. Guillemain, *Der erste Versuch einer geologischen Karte von Uruguay* (Petermanns Mitteil., LVI, 1910 (II), p. 306, pl. 48, 49, dont 1 carte géol. à 1 : 1 500 000); *Zur Geologie Uruguays* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXIII, 1911, Monatsber., p. 203-220, 3 fig.); et *Beiträge zur Geologie Uruguays* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXIII, 1912, p. 208-264, pl. VIII : carte géol., 7 fig. dans le texte); K. Walther, *Das kristalline Grundgebirge in der Umgebung von Montevideo* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LXIII, 1911, Monatsber., p. 82-98, 10 fig.); *Ueber permo-triassische Sandsteine und Eruptivdecken aus dem Norden der Republik Uruguay* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXXI, 1911, p. 575-609, pl. XVII-XXIII, 1 fig.); et *Ueber Transgressionen der oberen « Gondwana-Formation » in Südbrasilien und Uruguay* (Centralbl. f. Min., 1912, p. 398-405). — Sur le Paraguay, consulter : K. Carnier, *Paraguay. Versuch zu einer morphologischen Betrachtung seiner Landschaftsformen* (Mitteil. Geogr. Gesellsch. f. Thüringen, Jena, XXIX, 1911, p. 1-50, 3 pl., 1 carte, 13 fig.; renferme une Bibliographie).]

2. L. Szajnocha, *Über einige carbone Pflanzenreste aus der Argentinischen Republik* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., C, Abth. I, 1891, p. 203-213, pl. I, II).

3. R. Zeiller, *Note sur la Flore fossile des gisements houillers de Rio Grande do Sul, Brésil*

On connaît des plantes fossiles d'âge rhétien dans les Précordillères. Puis viennent les grès de Puca, qui se sont certainement formés en partie hors du domaine marin; et des marnes crétacées, contenant çà et là des Mollusques d'eau douce et des Dinosauriens, ont été signalées à l'altitude de 4 000 mètres. Sur ces couches reposent, en particulier dans certaines régions des Sierras Argentines, tout comme en Colombie, des amas extraordinairement puissants de graviers, de sables et de sédiments argileux sans fossiles; ces dépôts, en partie affectés par des mouvements tectoniques, représentent l'intervalle de temps compris entre le Crétacé supérieur et l'époque actuelle.

De tout ceci, il ressort qu'au moins de 14° jusqu'à 35° de lat. S., dans toute la partie des Andes située à l'Est du Lac Titicaca et du volcan Tinguiririca, la série marine ne tend pas à devenir plus complète pendant la durée de l'ère mésozoïque. En réalité, ce qu'on rencontre dans les Précordillères Argentines, c'est la série d'un avant-pays. La ressemblance avec le Brésil va si loin qu'aucun dépôt marin n'apparaît depuis le Carbonifère jusqu'au Crétacé supérieur; plusieurs flores (Culm, Gondwana, Rhétien) montrent, du reste, qu'aucune mer n'a existé sur ces régions pendant de longues périodes. Les volcans actifs font défaut dans toute cette partie orientale des Andes. On y rencontre toutefois des traces d'une activité volcanique antérieure.

Stelzner a signalé une longue traînée de filons d'étain et d'argent depuis l'extrémité septentrionale du Lac Titicaca, tout le long de la haute Cordillera Real, en passant par Oruro et le célèbre gisement de Potosi, jusque dans l'Argentine, c'est-à-dire de 15° 10′ à 21° de lat. S. Cette traînée correspond à une bande de trachyte quartzifère et de dacite, dont l'âge est tout au plus crétacé [1]. Cette bande, qui se présente en dehors de la zone des volcans actuels, prouve que, là également, il s'est produit une réduction ou un déplacement de l'activité volcanique. Sur d'autres points aussi, des andésites empiètent sur le domaine oriental.

méridional (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXIII, 1895, p. 601-629, pl. VIII-X, 19 fig. dans le texte, dont 1 carte); F. Kurtz, *Contribuciones a la Palæophytologia argentina* (Revista del Museo de La Plata, VI, 1895, p. 119-139, pl. I-IV). [Voir aussi D. White, *Permo-carboniferous Climatic Changes in South America* (Journ. of Geol., XV, 1907, p. 615-633, 1 carte dans le texte); et les travaux de J. C. Branner, K. Walther, I. C. White, J. B. Woodworth, mentionnés dans les notes précédentes.]

1. A. W. Stelzner, *Die Silber-Zinnerzlagerstätten Bolivias. Ein Beitrag zur Naturgeschichte des Zinnerzes*, herausgegeben von A. Bergeat (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLIX, 1897, p. 51-142, pl. III : carte). [Voir aussi E. A. L. de Romaña, *Una Inspección de los yacimientos de Estaño de Bolivia y una Exploración por el mismo metal en el Perú* (Bol. Cuerpo de Ingen. de Minas del Perú, n° 57, 1908. In-8°, 99 p., fig.); R. Rumbold, *The origin of the Bolivian Tin-Deposits* (Economic Geol., IV, 1909, p. 321-364, fig., pl. V : carte); M. Armas, *Étude sur l'étain et l'or en Bolivie et sur la genèse des dépôts stannifères* (Annales des Mines, Paris, 10e ser., XX, 1911, p. 149-230, 28 fig.).]

Un élément à peu près indépendant apparaît à l'Ouest de cette partie des Andes : c'est un haut plateau, étalé en longueur mais étroit : l'*Altaplanicie*[1] Bolivienne. Elle se dessine nettement par environ 16°; au delà de 23°, la haute plate-forme de l'Atacama peut être considérée comme son prolongement. Elle semble posséder sa plus grande largeur précisément là où, sous la latitude du Golfe d'Arica et de l'inflexion de Cochabamba, se montrent les indices problématiques d'un rebroussement ne concordant guère avec le plissement général vers l'Est. Dereims lui attribue une hauteur de 3 700 à 3 800 mètres (Lac Titicaca, 3 812 m.); à l'Est, l'Illampu atteint 6 684 m. et l'Illimani 6 458 m., d'après Conway; à l'Ouest, le Sajama dépasse 6 500 m.[2].

D'après une coupe donnée par Steinmann, l'Altaplanicie est constituée, sous la latitude de 17°, par des couches légèrement ondulées. A l'Est règne la série paléozoïque de la Cordillera Real, recoupée par des trachytes; plus à l'Ouest, on voit affleurer les couches très épaisses du grès de Puca, d'âge crétacé, et les sédiments post-crétacés, également puissants[3].

La Cordillera Real, les Cordillères Argentines et l'Altaplanicie constituent une zone montagneuse présentant la série sédimentaire de l'avant-pays brésilien et une architecture andine, mais dépourvue toutefois de volcans en activité.

Cordillera de los Andes et Cordillera de la Costa. — Ces deux chaînes doivent être envisagées comme une unité. La Cordillera de la Costa est le soubassement naturel de la série mésozoïque qui, sur son versant oriental, s'y adosse et la recouvre, et sur cette série sont installés les volcans.

Au Pérou, on a rencontré du Trias marin[4]. Dans le Pérou méridional et plus au Sud, à travers le Chili[5], la série des terrains va du

[1. Ou *Altiplanicie*.]

2. A Dereims, *Le haut plateau de Bolivie* (Annales de Géogr., XVI, 1907, p. 350-359, pl. VIII-X : phot.).

3. G. Steinmann, *Die Entstehung der Kupfererzlagerstätte von Corocoro und verwandter Vorkommnisse in Bolivia* (Festschrift Harry Rosenbusch gewidmet von seinen Schülern, zum 70. Geburtstag. In-8°, Stuttgart, 1906, p. 335-367, pl. VI, VII).

[4. Il résulte des études récentes de G. Steinmann que le Trias marin, constitué par des calcaires et des dolomies avec Ammonites, Myophories et *Pseudomonotis*, est représenté sur le versant de l'Atlantique, entre 6° et 12° de lat. S., et notamment aux environs de Cerro de Pasco; G. Steinmann, *Ueber marine Trias in Perú* (Centralbl. f. Min., 1909, p. 616-618).]

[5. Sur la géographie physique et la géologie du Chili, consulter l'ouvrage posthume de C. Martin, *Landeskunde von Chile*, für den Druck durchgesehen von P. Stange (Publikation des Geogr. Instituts der Universität Jena). In-8°, 57 p., 1 carte, Hamburg, 1909; voir aussi l'article de L. Sundt, publié en Appendice au volume de Ed. Poirier, *Chile en 1908*. In-4°, Santiago. de Chile, 1909. Un historique très complet des explorations faites au Chili par les géographes et les géologues allemands a été donné par H. Steffen, dans son mémoire intitulé : *Der Anteil der Deutschen an der geographischen und geologischen Erforschung der Republik Chile*

Lias au Crétacé ; l'époque tertiaire est représentée par des couches à empreintes végétales[1]. L'épaisse série paléozoïque qu'on rencontre au voisinage, dans la région orientale, n'a pas encore été signalée; c'est seulement à La Ligua (32° 27′ de lat. S., au Nord de Valparaiso) que R. A. Philippi indique l'existence de schistes à *Productus*[2].

A l'Ouest de cette série mésozoïque, les roches archéennes de la Cordillère Côtière se présentent au début, dans le Nord, sous la forme de crêtes isolées (I, p. 697); plus au Sud, elles forment de longs chaînons continus. Quand elles font défaut, comme par exemple près d'Iquique (20° 10′), les roches mésozoïques parviennent jusqu'à la mer. En partant de Copiapó (27° 15′) et en s'élevant, à partir du granite ancien de la côte, dans la direction de l'Est, Steinmann a rencontré des porphyrites mésozoïques, puis un calcaire siliceux néocomien, surmonté de conglomérats et de tufs avec filons de porphyrite. Il a atteint ensuite, près de La Ternera, au-dessus d'un conglomérat de roches archéennes, des dépôts renfermant des veines de houille; du Lias à *Arietites* les recouvre[3]. Déjà, près de Caracoles, du gypse s'introduit dans le Jurassique et forme un horizon facile à reconnaître.

während des ersten Jahrhunderts ihres Bestehens. Sonderabdr. aus : *Deutsche Arbeit in Chile.* Festschrift des Deutschen Wissenschaftlichen Vereines zu Santiago zur Zentenarfeier der Republik Chili. In-8°, 60 p., Santiago, 1910. — Une belle carte hypsométrique du Chili, en 6 feuilles, à l'échelle de 1 : 1 500 000, a paru à Gotha, en 1911.]

[1. Sur les combustibles fossiles du Chili, voir R. Machado, *Distribución jeolójica y jeográfica del carbón en Chile* (Bol. Soc. Nac. Mineria, Santiago, ser. 3, XIX, 1907, p. 330-337); A. Russell, *The Coalfields and Collieries of the Republic of Chile* (Trans. Inst. Mining Engineers, XXXVIII, 1909, p. 29-82, pl. II, III : cartes).]

2. R. A. Philippi, *Ueber Palæozoische Schichten in Chile* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., L, 1898, p. 435).

3. H. Graf zu Solms-Laubach und G. Steinmann, *Das Auftreten und die Flora der rhätischen Kohlenschichten von La Ternera, Chile* (G. Steinmann, *Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika*, VII: Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XII, 1899, p. 581-609, pl. XIII, XIV). — A Jorquera, au Sud de La Ternera, le vieux gneiss à hornblende de la Cordillère littorale surgit au milieu des porphyrites mésozoïques; F. von Wolff, *Beiträge zur Geologie und Petrographie Chile's* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LI, 1899, p. 478). — Un aperçu d'ensemble de la zone mésozoïque du Chili Septentrional est donné par W. Möricke, *Versteinerungen des Lias und Unteroolith von Chile* (G. Steinmann, *Beiträge*, etc., II; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. IX, 1894, p. 69-76, pl. I-VI); [voir aussi E. Dacqué, *Die Stratigraphie des marinen Jura an den Rändern des Pazifischen Ozeans* (Geol. Rundschau, Leipzig, II, 1911, p. 464-498; en particulier p. 484 et suiv.); V. Uhlig, *Die marinen Reiche des Jura und der Unterkreide* (Mitteil. der Geol. Gesellsch. in Wien, IV, 1911, p. 329-448, pl. XIII : planisphère; voir notamment p. 417-435 : « Das südandine Reich », nombreuses indications bibliographiques); C. Burckhardt, *Bemerkungen über die russisch-borealen Typen im Oberjura Mexikos und Südamerikas* (Centralbl. f. Min., 1911, p. 477-483); V. Uhlig, *Ueber die sog. borealen Typen des Südandinen Reiches* (Ibid., p. 483-490, 517-522, 536-548); C. Burckhardt, *Schlusswort zu der Diskussion...* (Ibid., p. 771-773). Consulter en outre les travaux mentionnés ci-dessous, p. 1322, note 1]; sur la constitution physique du Nord, voir aussi L. Darapsky, *Das Departement Taltal (Chile). Seine Bodenbildung und -Schätze.* In-8°, x-229 p., 16 pl., 55 fig. et Atlas de 14 cartes, Berlin, 1900. [Voir en outre L. Sundt, *Estudios jeolójicos i topográficos del Desierto i Puna de Atacama.* Vol. I. In-8°, 212 p., 12 pl., coupes, Santiago, 1909 (observations faites de 1883 à 1885, sous les auspices de Fr. J. San Roman). Pour les chaînons situés en territoire

Les grands volcans sont superposés à cette série mésozoïque si variée, qui commence le plus souvent avec l'Oolithe inférieure. En ce qui concerne leur répartition, on peut renvoyer à ce qui a déjà été dit précédemment (I, p. 692, etc.) et aux listes dressées par Hauthal. Il ne peut subsister aucun doute sur le fait que, tout le long de cette ligne, l'activité volcanique s'est manifestée dès l'Oolithe inférieure, peut-être même dès l'époque rhétienne ou le Lias. Une grande partie des sédiments mésozoïques sont de véritables tufs. Des filons-couches et des pointements éruptifs traversent toute la série. Entre 27° et 30° 40′, on doit imaginer, d'après les observations de Möricke, que d'abord ont apparu des diabases et des porphyrites à augite, formant le plus souvent des nappes, avec des lits de tufs et des brèches; ces roches sont demeurées prépondérantes pendant toute la période jurassique et une partie de la période crétacée. Puis sont venues des roches acides, diorites quartzifères, porphyrites à hornblende et granites accompagnés de porphyres quartzifères. Vers le début de l'ère tertiaire apparaissent des roches à plagioclase et à augite, auxquelles succèdent des andésites et des liparites. Les volcans du Chili qui ne sont pas encore éteints et qui ont été visités par Möricke ont des laves plus basiques, oscillant entre l'andésite pyroxénique à olivine et le basalte [1].

La succession des roches décrites par Möricke ne vaut qu'à titre d'exemple. Les diorites quartzifères, les granites et tout le groupe de roches appelées granites des Andes peuvent être considérés comme l'équivalent des granodiorites de l'Amérique du Nord. Ces roches sont de différents âges; il en est de très récentes. On les retrouve vers le Sud : Nordenskjöld les signale par exemple à l'Ile Calbuco (au Nord de Chiloé), et beaucoup plus loin encore dans la direction du Sud [2].

argentin, dans ces parages, voir la belle carte à 1 : 1 000 000 de J. P. Moreno, *Map of the North-Western Region of the Argentine Republic* (Argentine-Chilian Boundary Question, 1900, Map I); Fr. Reichert, *Aus dem Hochgebirge der Wüste von Atacama. Eine Besteigung des Cerro Socompa, 6 080 m., Argentinisch-chilenische Grenzcordillere* (Zeitschr. Deutsch.-Oesterr. Alpenver., XXXVII, 1906, p. 152-161, 1 pl., 1 fig. carte); Fr. Kühn, *Informe sobre un viaje de exploración morfológica en el Valle Calchaqui y Territorio de los Andes* (Bol. Instrucción Públ., Buenos Aires, VI, 1910, p. 260-317, 1 carte, fig.), et *Beiträge zur Kenntnis der Argentinischen Cordillere zwischen 24° und 26° Südl. Br. (Calchaqui-Tal und Puna de Atacama)* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1911, p. 147-172, fig. 16-20, pl. I : carte).]

1. R. Hauthal, *Die Vulkangebiete in Chile und Argentinien* (Petermanns Mitteil., XLIX, 1903, p. 97-102, pl. 9 : carte), et *Distribucion de los Centros volcanicos en la Republica Argentina y Chile* (Revista del Museo de La Plata, XI, 1903, p. 177-192, 1 pl. carte); légère rectification par Steffen, Verhandl. Deutsch. Wissenschaftl. Vereines, Santiago, V, 1904, p. 53, note; W. Mœricke, *Geologisch-petrographische Studien in den chilenischen Anden* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1896, XLIV, p. 1161-1171). [Voir aussi F. Tannhäuser, *Petrographische Untersuchungen an jungvulkanischen Gesteinen aus der Argentinischen Republik* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXII, 1906, p. 555-638, 2 fig. dans le texte); H. Steffen, *Die neuen vulkanischen Erscheinungen in Südchile* (Petermanns Mitteil., LIII, 1907, p. 160-161).]

2. O. Nordenskjöld, *Die Krystallinische Gesteine der Magellansländer* (*Wissenschaftliche*

Nous sommes ici en présence de zones extraordinairement longues.

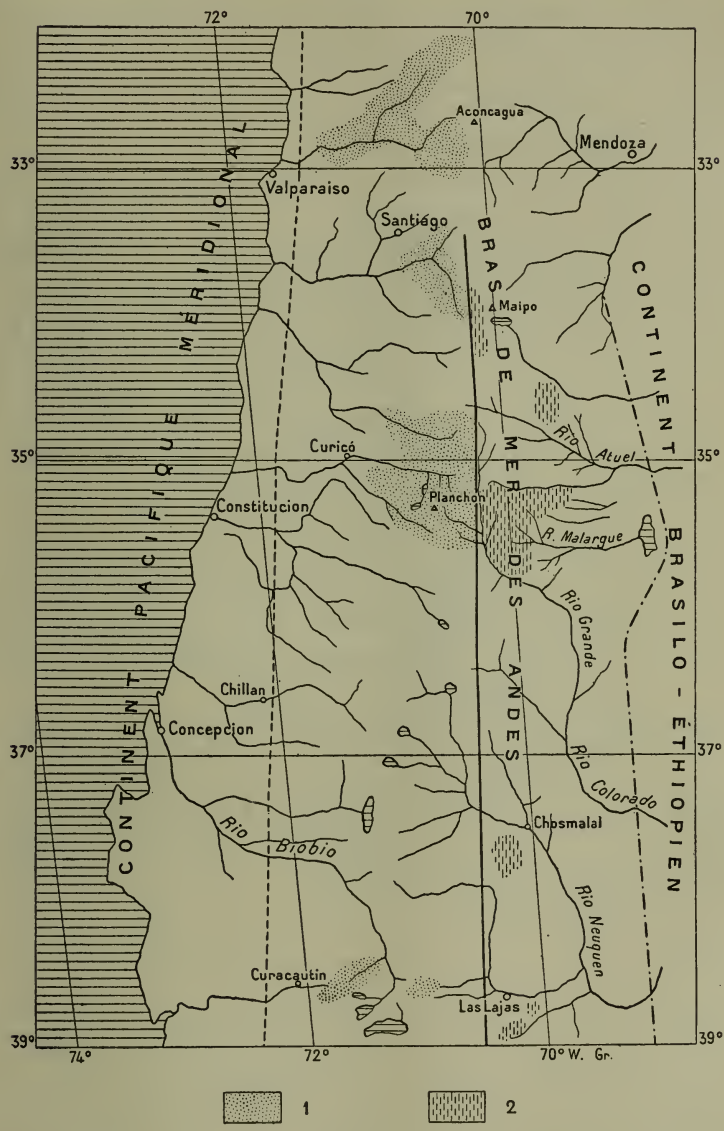


Fig. 297. — Distribution des dépôts jurassiques supérieurs dans les Cordillères Chilo-Argentines, d'après C. Burckhardt (*Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere; Palaeontographica*, L, 1903, p. 1; Geol. Rundschau, II, 1911, p. 496, fig. 3).

1. Conglomérats; 2. Grès et calcaires. — Échelle de 1 : 6 000 000.

Burckhardt rappelle qu'on connaît des conglomérats très épais, consti-

Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach den Magellans-Ländern, 1895-1897, I, 1901, p. 175-240, en particulier p. 202).

tués par des galets de porphyrite bien roulés, d'âge jurassique, qui conservent des caractères identiques depuis la Bolivie jusqu'au Lac Nahuel-Huapi (fig. 297), c'est-à-dire sur une étendue qui n'est pas inférieure à 25 degrés de latitude. Toutes ces circonstances attestent combien est médiocre le rôle joué par les volcans actuels dans l'histoire éruptive de cette partie du continent.

Les travaux déjà mentionnés de Hauthal demeurent la source la plus importante de nos connaissances sur ces volcans, bien qu'ils ne commencent qu'à partir de 22° de latitude. En voici les conclusions essentielles : la retraite et la disparition complète des cônes volcaniques dans la Cordillère de Patagonie, leur présence presque exclusive dans la Cordillère principale, leur disposition en séries qui sont souvent parallèles entre elles et suivent les lignes directrices de la structure des Andes, enfin leur extrême fréquence dans les parties où la chaîne est constituée par des plis parallèles dirigés du N. au S., comme entre 22° et 27°; c'est là aussi que l'allure rectiligne s'aperçoit le plus nettement.

Ajoutons qu'il n'existe encore aucun mémoire démontrant clairement une migration des volcans; on connaît au contraire, dans la zone volcanique, des fossés d'effondrement : tel est le fossé d'Antofagasta, mentionné par Hauthal, et qui mesure 150 kilomètres de longueur contre 5 à 8 de largeur seulement.

Nous avons vu que les andésites pénétraient dans le domaine de la série sédimentaire orientale, mais non les volcans actifs. Des montagnes volcaniques isolées peuvent encore se dresser dans le voisinage de cette limite : les volcans jumeaux des environs de Poma (province de Jujuy, n° 28 du catalogue de Hauthal); mais on ne les signale pas comme étant en activité.

Le bord occidental de l'Altaplanicie peut, au Nord, figurer la limite orientale de cette zone. Mais, pour toute la région qui vient ensuite, je manque d'indications précises en ce qui concerne justement cette limite, et l'on ne saurait décider si les terrains anciens de l'Est s'enfoncent normalement sous la série mésozoïque de la Cordillera de los Andes ou s'ils se terminent à une cassure, combinée avec un effondrement. Une limite entre une puissante série paléozoïque et une série mésozoïque à laquelle un substratum paléozoïque fait défaut se présente, comme l'on sait, dans les Basin Ranges, au voisinage du 117ème méridien (I, p. 788).

Au Sud, W. Schiller a suivi un itinéraire qui l'a conduit du Pic del Palo (à l'Est de San Juan), où affleurent des roches précambriennes et paléozoïques, vers l'Ouest, à travers la Sierra del Tigre, constituée par du Silurien inférieur, jusque dans la zone des terrains mésozoïques de

l'Aconcagua[1]. Déjà, un premier rapport a paru sur l'*Aconcagua*. A ses lettres ultérieures, je puis emprunter cette indication qu'en se rapprochant de la limite, la structure devient très compliquée : le Pic del Palo est renversé vers l'Ouest; à l'Ouest de la Sierra del Tigre se montrent les porphyres quartzifères mésozoïques. Plus au Sud, c'est

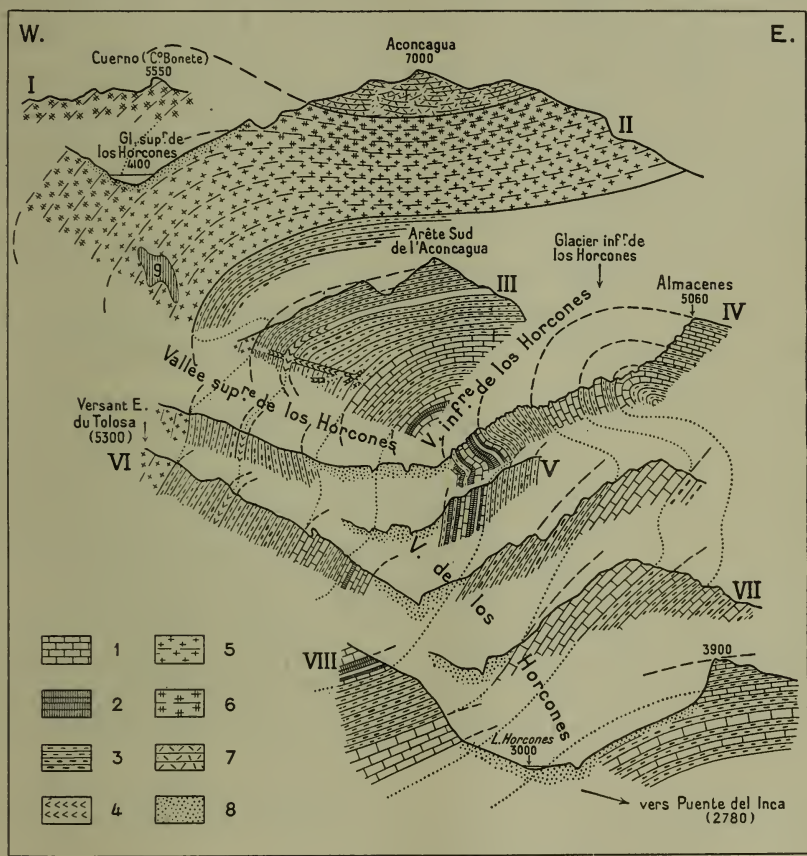


FIG. 298. — Coupes échelonnées de Puente del Inca à l'Aconcagua (Andes Argentines), d'après W. Schiller (*Neues Jahrb. für Mineralogie*, Beilage-Bd. XXIV, 1907, pl. XLVI).

1. Calcaires fossilifères (Jurassique moyen et supérieur); 2. Gypses (Jurassique supérieur, partie inférieure?); 3. Grès rouges, brèches et conglomérats porphyriques; 4. Andésite en nappes et en filons; 5. Andésite en coulées; 6. Andésite à hornblende; 7. Tufs trachytiques et andésitiques stratifiés (« Rochers Rouges »); 8. Éboulis, alluvions, moraines. — Échelle de 1 : 100 000 environ (longueurs et hauteurs).

le fossé d'effondrement d'Uspallata qui dessine la limite. La Cordillera

1. W. Schiller, *Geologische Untersuchungen bei Puente del Inca, Aconcagua* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXIV, 1907, p. 716-736, pl. XLV-XLVI, dont 1 carte). Les échantillons que Fitz Gerald a rapportés du sommet de l'Aconcagua sont, d'après Bonney, de l'andésite à hornblende; E. A. Fitz Gerald, *The Highest Andes*; *A Record of the First Ascent of Aconcagua and Tupungato in Argentina, and the Explorations of the Surrounding Valleys*. In-8°, London, 1899, p. 321.

del Tigre (ne pas confondre avec la Sierra du même nom), qui se prolonge au Sud par l'Aconcagua, est constituée par du porphyre quartzifère; les couches jurassiques et crétacées qui en recouvrent le versant occidental plongent vers l'W. et sont coupées, dans la direction du Col d'Espinacito, par une grande faille, à laquelle fait suite la même série de couches, à partir du porphyre quartzifère, série également inclinée vers l'W. Dans ces parages, les roches volcaniques ont porté à de grandes altitudes d'épais lambeaux de terrains mésozoïques, et aussi du gypse. L'Aconcagua (fig. 298) n'est pas un volcan, ce n'est encore qu'un amoncellement de roches mésozoïques, et au Sud de ce sommet géant[1], au voisinage de Los Penitentes, on peut observer un grand chevauchement dans les couches mésozoïques[2].

Il y a là des problèmes difficiles à résoudre pour les savants pleins de compétence qui sont à l'œuvre.

Au Sud, la série paléozoïque de l'Est disparaît complètement. Les chaînons orientaux de la Cordillera de los Andes se réduisent ici à de longs plis ouverts[3].

Non loin de 35°, la *Sierra Pintada* se détache du bord de la Cordillère et diverge au S.E. dans les Pampas; d'après Wehrli, il y a là des crêtes et de longs dykes de porphyre et de diabase, qui font saillie au milieu de tufs et de grès. Cette Sierra est coupée par le Rio Diamante et par l'Atuel; son extrémité méridionale est distante de 60 kilomètres du bord de la chaîne principale. Une plaine, qui se rétrécit en coin vers le Nord, la sépare du bord de la haute chaîne. Aux États-Unis, on désignerait peut-être cette plaine sous le nom de « Park ». En pénétrant dans les hautes montagnes, Burckhardt a rencontré un large synclinal orienté N.-S., qui constitue la bordure extrême de la région monta-

[1. Son altitude a été fixée à 6953 m. par F. Schrader (*Détermination de l'altitude du sommet de l'Aconcagua, Cordillère des Andes*; C. R. Acad. des Sc., Paris. CXLV, 1907, 2e sem., p. 314-317; observations faites au tachéographe).]

[2. Voir les coupes détaillées qui accompagnent le mémoire de V. Schiller, *La Alta Cordillera de San Juan y Mendoza y parte de la Provincia de San Juan* (República Argentina, Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogia y Mineria, VII, n° 5). In-8°, 63 p., 27 pl. dont 1 croquis schématique, 5 pl. de coupes et 21 pl. de phot. Buenos Aires, 1912.]

3. G. Bodenbender, *Sobre el terreno jurassico y cretaceo en los Andes Argentinos entre el Rio Diamante y Rio Limay* (Bol. Acad. Cienc. Cordoba, XIII, 1892, p. 5-47, 1 carte); G. Lange, R. Hauthal y E. Wolff, *Examen topográfico y geológico de los Departamentos de San Cárlos, San Rafael y Villa Beltran, Provincia de Mendoza* (Revista del Museo de la Plata, VII, 1895, p. 13-96, pl. I-III, 3 cartes); C. Burckhardt, *Profils géologiques transversaux de la Cordillère Argentine. Stratigraphie et Tectonique* (Anales del Museo de La Plata, Sección Geol. y Mineralog., II). In-f°, VII-136 p., 32 pl., 1900); des renseignements importants sur la stratigraphie des avant-chaînes mésozoïques entre 35° et 40° sont également donnés, d'après les récoltes de Bodenbender, par O. Behrendsen : *Zur Geologie des Ostabhanges der Argentinischen Cordillere* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., XLIII, 1891, p. 369-420, pl. XXII-XXV, et XLIV, 1892, p. 1-42, pl. I-IV).

gneuse, vers l'Est, sur les bords de l'Atuel (35°) et du Rio Malarguë (35° 30′), mais qui probablement se poursuit beaucoup plus loin encore (fig. 299). Ce synclinal embrasse toute la succession des couches mésozoïques, à partir du Jurassique inférieur, y compris le Sénonien et le Danien, déposées en série concordante. Cette série est recouverte en discordance par des laves, qui sont postérieures au plissement.

Dans cette région, sur le Rio Colorado, les conglomérats porphyritiques sont si extraordinairement épais, qu'ils constituent la plus grande partie des versants de la vallée. Des bancs de gypse sont intercalés dans le Jurassique [1].

Entre 38° et 39°, Burckhardt redevient notre guide. Les plis ouverts, les conglomérats porphyritiques, le gypse, les laves récentes se retrouvent également ici. On n'y aperçoit pas les couches supérieures du Crétacé; mais, dans l'intérieur des montagnes, apparaît une formation d'eau douce considérée comme éocène; elle est discordante, il est vrai, et néanmoins disloquée. Dans ces parages, la Cordillère conserve sa direction, mais l'orientation des plis est variable, probablement par suite de l'intercalation de grands massifs granitiques; l'ensemble de la Cordillère se dissocie en trois rameaux, grâce à l'introduction de deux plaines allongées dans leurs intervalles. Burckhardt énumère, en allant de l'E. à l'W., les divisions suivantes : 1° la *zone orientale*, qui surgit des Pampas : plis mésozoïques

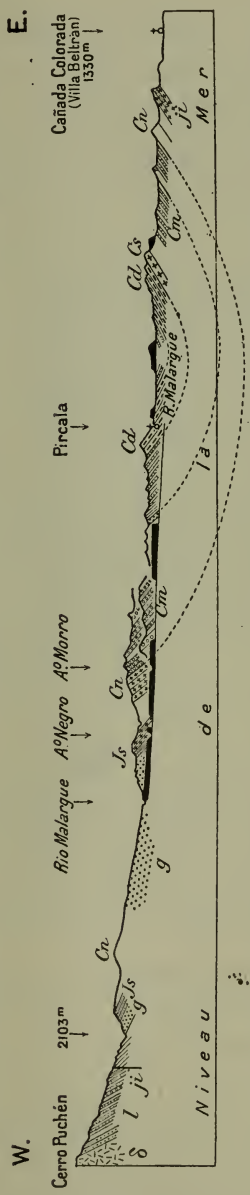


Fig. 299. — Andes Argentines. Coupe de la vallée du Rio Malarguë, d'après C. Burckhardt (*Profils géologiques transversaux de la Cordillère. Anales del Museo de La Plata*, Seccion Geol. y Mineralog., II. In-f°, 1900, pl. XXX, fig. 1).

l. Grès brun à *Oxynoticeras numismale* (Lias moyen); *Ji*. Couches à *Harpoceras Murchisonæ* et calcaires à *Sphæroceras Sauzei* (Jurassique inférieur); *g*; Gypses du Jurassique supérieur; *Js*. Kimeridgien et Tithonique inférieur (*Perisphinctes, Reineckeia, Aptychus*); *Cn*. Berriasien à *Hoplites occitanicus* et Néocomien à *Exogyra Couloni*; *Cm*. Marnes, grès et calcaires du Crétacé moyen; *Cs*. Calcaires à *Gryphaea vesicularis* (Sénonien); *Cd*. Calcaires et marnes à *Turritella Searsana* et *Cardita Moryaniana* (Danien); δ. Diorite; noir plein : roches néovolcaniques. — Échelle de 1 : 200 000 (longueurs et hauteurs).

1. L. Wehrli, dans l'Introduction à C. Burckhardt, *Profils géologiques transversaux de la Cordillère Argentine*, 1900, p. 7.

simples; 2° le *plateau de Las Lajas* : graviers et laves récentes; 3° la *chaîne de Pino Hachado* : plis mésozoïques; porphyres et porphyrites, cône volcanique récent; 4° le *plateau de l'Aluminé* : laves récentes, sous lesquelles affleure du granite; 5° partie orientale de la *chaîne de Lonquimay* : Jurassique plissé, percé par un culot de granite récent; 6° partie occidentale de la même chaîne : conglomérats porphyritiques et porphyrites plissés et, au-dessus, volcans récents et laves descendant vers la vallée longitudinale du Chili (fig. 300). La nature des rebords qui encadrent les plaines intercalées dans le massif montagneux a conduit

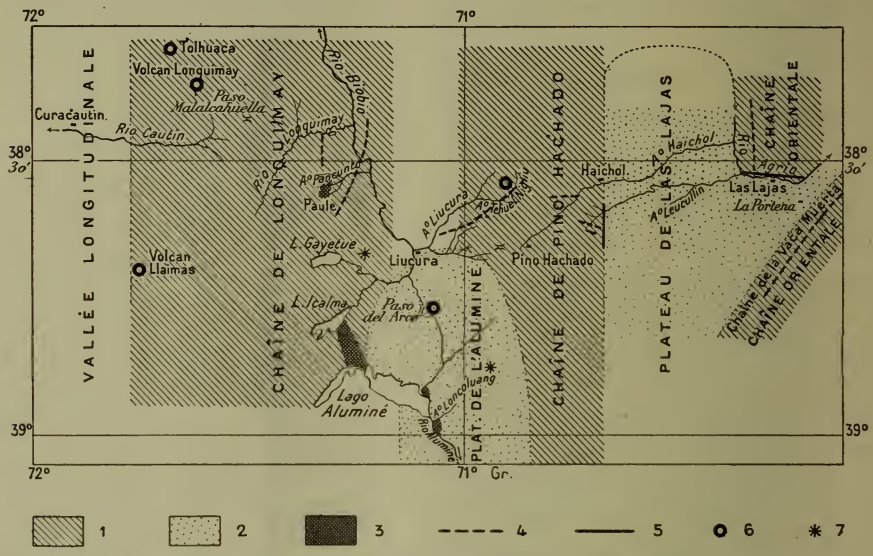


FIG. 300. — Esquisse tectonique de la région comprise entre Las Lajas (République Argentine) et Curacautin (Chili), d'après C. Burckhardt (*Anales del Museo de La Plata*, Seccion Geol. y Mineralog., III, 1900, pl. I).

1. Chaînes andines; 2. Plateaux interandins; 3. Massifs granitiques; 4. Direction des plis; 5. Fractures et failles; 6. Centres volcaniques; 7. D° probables. — Échelle de 1 : 1 500 000.

Burckhardt à la conclusion que ces plaines sont des régions d'affaissement, et qu'il s'agit là d'une virgation des Andes occasionnée par ces effondrements[1]. L'apparition du gypse à un niveau déterminé de la

1. C. Burckhardt, *Coupe géologique de la Cordillère entre las Lajas et Curacautin* (Anales del Museo de La Plata, Seccion Geol. y Mineralog., III. In-f°, VII-100 p., 26 pl., 1900, en particulier p. 64 et 65); pour la stratigraphie de toute la région comprise entre 33° et 39°, voir son mémoire : *Beiträge zur Kenntniss der Jura- und Kreideformation der Cordillere* (Palæontographica, L, 1903, p. 1-137, pl. I-XVI, 1 carte). [Voir aussi A. Steuer, *Argentinische Juraablagerungen. Ein Beitrag zur Kenntniss der Geologie und Palaeontologie der Argentinischen Anden* (Palaeont. Abhandl., herausg. von Dames und Kayser, Neue Folge, III (VII), 1897, p. 127-222, pl. XV-XXXV); A. Tornquist, *Der Dogger am Espinazito-Pass, nebst einer Zusammenstellung der jetzigen Kenntnisse von der Argentinischen Juraformation* (Ibid., IV (VIII), 1898, p. 135-204, pl. V-VII); O. Haupt, *Beiträge zur Fauna des Oberen Malm und der Unteren Kreide in der Argenti*

série jurassique témoigne d'affaissements locaux à une époque antérieure, et nous aurons à revenir sur cette structure particulière, qui rappelle à tant d'égards les Basin Ranges.

A l'Est, près de Roca, sur le Rio Negro (39° 5′ de lat. S., 67° 30′ de long. W.), on peut apercevoir, sous la couverture de sédiments récents qui règne partout, des sables rouges contenant des restes de Dinosauriens. C'est l'étage *guaranitique*, qui constitue le soubassement de la plaine. S. Roth a trouvé dans ces sables des intercalations marines lenticulaires et Burckhardt a montré que leur faune correspondait au Sénonien supérieur et au Danien, c'est-à-dire à ces deux mêmes termes supérieurs du Crétacé qui viennent d'être signalés dans le synclinal du Rio Malarguë (35° 30′). C'est le même étage qu'ont fait connaître Derby et White sur la petite rivière Maria Farinha, au Nord de Pernambuco (8° de lat. S.), à 32° de latitude plus au Nord, et dont Kossmat a reconnu l'équivalence avec l'horizon qui forme la limite supérieure du Crétacé de Ninnyur, dans l'Inde orientale [1].

Les sables guaranitiques à Dinosauriens se prolongent vers l'Ouest, d'après les observations de Roth, et ils affleurent sur le cours inférieur du Pichi Leufu (affluent de gauche du Limay, 40° de lat. S., 70° de long. W.). Un horizon plus ancien est constitué par des quartzites gris. En continuant vers l'Ouest, des tufs porphyriques apparaissent, et un tuf qui possède de vives colorations rouges et jaunes justifie le nom de Piedra Pintada. C'est dans un grès rouge tufacé de cette nature, passant à la base à un calcaire marneux, que Roth a trouvé des fossiles marins du Lias; un banc intercalé dans ces assises contient des plantes terrestres qui appartiennent, d'après Kurtz, à la flore de Rajmahal (Gondwana supérieur de l'Inde).

L'allure des couches, jusqu'alors tranquille, se complique désormais d'accidents de plus en plus nombreux; et dans la gorge qui

nischen Cordillere (G. Steinmann, Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika, XII; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXIII, 1907, p. 187-236, pl. VII-X; renferme une Bibliographie, p. 231-237).]

1. Santiago Roth, *Reconocimiento de la Region Andina de la República Argentina. Apuntes sobre la Geologia y la Paleontologia de los territorios del Rio Negro y Neuquen* (Revista del Museo de La Plata, IX, 1899, p. 141-196, 7 pl. dont 1 carte); C. Burckhardt, *Le gisement supracrétacique de Roca, Rio Negro* (Ibid., X, 1902, p. 206-222, pl. I-IV); A. C. White, *Contributions to the Paleontology of Brazil* (Archivos do Museu Nac. do Rio de Janeiro, VII, 1888, 273-v p., 28 pl.; en anglais et en portugais); F. Kossmat, *Die Bedeutung der südindischen Kreideformation für die Beurtheilung der geographischen Verhältnisse während der späteren Kreidezeit* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LIV, 1894, p. 459-478, en particulier p. 467). [Voir aussi S. Roth, *Beitrag zur Gliederung der Sedimentablagerungen in Patagonien und der Pampasregion* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXVI, 1908, p. 92-150, pl. XI-XVII : phot.).] — Pour les régions situées au Sud de 39°, j'ai pris pour base de mon exposé la belle édition de la carte de Moreno (1 : 1 500 000) publiée comme annexe à l'article de L. Gallois, *Les Andes de Patagonie* (Annales de Géogr., X, 1901, pl. II, A, B, C).

franchit la *Sierra de la Angostura*, dont l'altitude atteint près de 1 000 mètres, on voit apparaître du gneiss et du granite [1]. Des porphyres et du granite, accompagnés de roches volcaniques récentes, continuent à se montrer jusqu'à la rivière Collon Cura.

Les fossiles liasiques de la Piedra Pintada sont, en fait de fossiles marins antérieurs à la période crétacée, les plus méridionaux qui aient été signalés jusqu'ici en Patagonie. Leur présence extérieurement aux limites de la Haute Cordillère montre que la zone mésozoïque s'étale, vers l'Est, sous la plaine de Patagonie; la présence du gneiss et d'une flore terrestre témoigne toutefois que là, le soubassement de cette zone est déjà visible et que la superposition de cette flore terrestre doit être autochtone, au même degré que dans la Cordillera de la Costa. En même temps, l'extension des roches archéennes augmente dans la Haute Chaîne.

La connaissance de ces montagnes, aussi bien que celle de la Patagonie tout entière, a fait d'étonnants progrès grâce au conflit de frontières entre le Chili et l'Argentine.

D'une façon qui rappelle jusqu'à un certain point les anciens conflits russo-chinois (III, 1re partie, p. 144), on avait, lors de la division de la Patagonie, adopté comme limite politique dans les Andes la ligne de partage des eaux, dont le tracé était d'ailleurs inconnu; on supposait que cette ligne coïncidait à peu près avec la crête des Andes. Mais la chaîne, comme cela se produit fréquemment dans les régions arctiques, est coupée transversalement par des *Eyden*, si bien qu'au Sud de 41° la ligne de partage des eaux se trouve être à peu près partout reportée vers l'Est (fig. 301). La violence des tempêtes de l'Ouest, l'abondance des précipitations atmosphériques sur le versant pacifique, la pente consi-

1. S. Roth, F. Kurtz et C. Burckhardt, *Le Lias de la Piedra Pintada, Neuquen* (Revista del Museo de La Plata, X, 1902, p. 225-250, 4 pl. dont 1 carte). Suivant Roth, le gneiss reposerait sur le Lias; mais, d'après les renseignements fournis par cet observateur, il ne lui a pas été possible d'étudier le détail des faits. Cette superposition indiquerait un mouvement important vers l'Est. — Pour la situation géographique, voir H. Zapalowicz, *Das Rio-Negro-Gebiet in Patagonien* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturwiss. Cl., LX, 1893, p. 531-564, 1 pl. et 1 carte géol., 11 fig.). — D'après les cartes du Padrón Minero (Anales Ministero de Agricolt., Seccion Geol., I, n° 3, 1906), il existerait encore deux autres cours d'eau, un peu plus au Sud, portant le nom de Pichi Leufu. Le même document signale dans le district de Teca (Territoire de Chubut, 42° 45′ à 43° 30′ lat. S., et 70° 30′ à 71° long. W.) de nombreux filons de quartz aurifère.

LÉGENDE DE LA FIGURE 301.

1. Terrains métamorphiques et roches éruptives des Cordillères; 2. Terrains mésozoïques et tertiaires non dérangés des Pampas; 3. Vallées transversales communiquant avec les dépressions subandines; 4. Principaux massifs de glaciers (*Inlandsis*); 5. Tracé actuel de la ligne de partage des eaux; 6. Frontière entre le Chili et la République Argentine. — Échelle de 1 : 6 000 000.

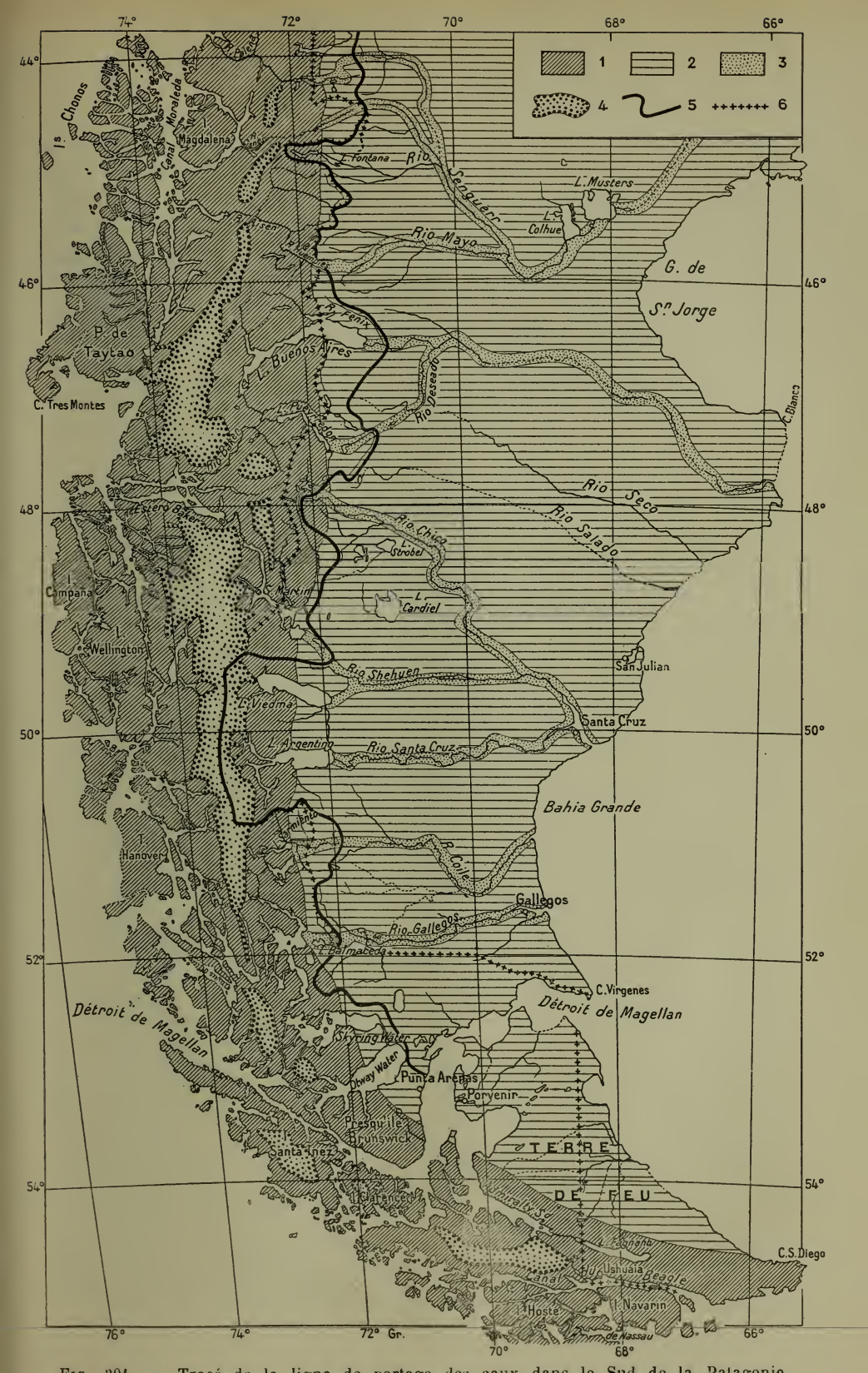


FIG. 301. — Tracé de la ligne de partage des eaux dans le Sud de la Patagonie, d'après P. D. Quensel (*Bull. Geol. Institution, University of Upsala*, IX, 1908-09, pl. 4).

dérable de beaucoup de ces vallées transversales ont pour résultat qu'aujourd'hui encore, les cours d'eau continuent à entailler le sol du côté de l'amont, ce qui revient à dire que le déplacement de la ligne de partage des eaux se poursuit vers l'Est [1]; parmi les grands lacs du versant oriental des Andes, il en est plus d'un qui n'a trouvé qu'à une époque toute récente son écoulement vers l'Ouest [2]. Les rapports de Steffen pour le Chili et les voyages exécutés sur de vastes étendues par Moreno et ses collaborateurs pour l'Argentine n'ont pas seulement conduit à la constatation de ces faits, ils ont aussi fourni une image d'ensemble des Andes Australes, encore incomplète sans doute, mais du moins pleine d'enseignements [3].

[1. A. de Lapparent, *Sur l'érosion régressive dans la chaîne des Andes* (C. R. Acad. Sc., Paris, CXXXII, 1901, 1er sem., p. 1296-1298); Ch. Rabot, *Le conflit chilo-argentin et les phénomènes de capture dans la Cordillère des Andes* (La Géographie, Paris, III, 1901, 1er sem., p. 261-278, pl. 5 : carte, fig. 34-48). — Il n'est que juste d'ajouter que, dans ces déplacements de la ligne de partage entre les deux versants, un rôle important revient aux anciens glaciers, dont l'extension a été considérable dans cette partie des Andes; P. D. Quensel, *On the Influence of the Ice Age on the Continental Watershed of America* (Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, IX, 1908-09, p. 60-92, 12 fig. dans le texte, pl. 3, 4 : cartes, 1910). Voir aussi l'exposé d'ensemble de G. Steinmann : *Ueber Diluvium in Süd-Amerika* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., LVIII, 1906, Monatsber., p. 215-229), trad. en français sous le titre de : *Le Diluvium dans l'Amérique du Sud* (Revue générale des Sc., XVIII, 1907, p. 626-633). — Sur les glaciers actuels des Andes de l'Argentine et du Chili, voir R. Hauthal, *Gletscherbilder aus der Argentinischen Cordillere* (Zeitschr. Deutsch.-Oesterr. Alpenver., XXXV, 1904, p. 30-56, 8 fig., 2 pl. phot.); Fr. Reichert, *Das Gletschergebiet zwischen Aconcagua und Tupungato* (Zeitschr. f. Gletscherkunde, IV, 1910, p. 193-222, 8 fig., 1 carte dans le texte), et *Vorläufiger Bericht über die Resultate der Juncal-Expedition in den Anden* (Ibid., V, 1911, p. 298-308, 3 phot.); R. Hauthal, *Der Bismarck-Gletscher, ein vorrückender Gletscher in der patagonischen Cordillere* (Ibid., V, 1910, p. 133-143, 7 fig. dont 2 cartes).]

[2. Un exemple remarquable de cet état de choses est fourni par le Rio Fenix, situé au N.E. du Lac Buenos Aires, par 46° 30′ environ : il a suffi de huit journées de travail à six hommes, en 1898, pour restituer ce cours d'eau au versant de l'Atlantique, dont l'avaient séparé des moraines; F. P. Moreno, *Argentine-Chilian Boundary Question*, 1900, Map IX. 1 : 100 000; L. Gallois, article cité, 1901, p. 254, phot. pl. 24 et 25 B.]

3. Dans le nombre, on peut se contenter de citer : H. Steffen, *Reisen in den Patagonischen Anden* (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk., Berlin, XXVII, 1900, p. 194-220, pl. 3, 4 : cartes); du même, *Reisenotizen aus West-Patagonien* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, 1903, p. 167-207), et *The Patagonian Cordillera and its main Rivers, between 41° and 48° South Latitude* (Geogr. Journ., London, XVI, 1900, p. 14-38, 6 fig., 1 carte p. 140); F. P. Moreno, *Reconocimiento de la region Andina de la República Argentina, I. Apuntes preliminares sobre una excursion á los territorios del Neuquen, Rio Negro, Chubut y Santa Cruz* (Revista del Museo de La Plata, VIII, 1898, p. 199-372, 42 pl., 1 grande carte à 1 : 600 000); *Explorations in Patagonia* (Geogr. Journ., XIV, 1899, p. 241-269 et 353-378, 19 fig., 1 carte, p. 352). [Consulter surtout la magnifique publication du Gouvernement Argentin, rédigée par F. P. Moreno et intitulée : *Argentine-Chilian Boundary, Report presented to the Tribunal appointed by Her Britannic Majesty's Government... to justify the Argentine Claims for the Boundary in the Summit of the Cordillera de los Andes, according to the Treaties of 1881 & 1893.* London, 1900, 4 vol. in-4° de L-1177 p., nombreuses fig. et cartes dans le texte, 141 pl. dont un grand nombre de panoramas phot., avec 1 portefeuille in-4° contenant 16 cartes; voir notamment les chap. XXVIII (« Transversal Sections », 100 fig. coupes orographiques, p. 993-1040) et XXIX (« Remarks on the Maps accompanying this Report », p. 1041-1061). Parmi les cartes annexes, une mention spéciale revient aux nos XII : *Orographical Preliminary Map of the South-Western Region of the Argentine Republic* (carte hypsométrique teintée, à 1 : 1 000 000, des Andes au Sud de

Par 38° ou 39°, la Cordillère est constituée, à l'Est de la vallée longitudinale, comme on l'a déjà vu, par trois zones plissées, que séparent deux plaines affaissées (*Gräben*), s'allongeant du Nord au Sud. Dans la plaine occidentale (plaine de l'Aluminé), on a signalé du granite sous les épanchements volcaniques. Le plateau granitique que Moreno mentionne sur les bords du Pitchin-Nahuel-Huapi (39° 35′, affluent de gauche de l'Aluminé) en est, selon toute vraisemblance, le prolongement[1], et, d'après les observations de Hauthal, cette bande granitique doit, à peu de distance au Sud de ce point, acquérir une largeur considérable dans la direction de l'Ouest; le Lac Huechu-Lafquen est établi dans sa masse; le volcan Lanin et d'autres lui sont superposés. A côté du granite apparaît, près des Lacs Lolog et Lacar (40° 10′), une bande de gneiss orientée N.-S.[2]. Ces roches anciennes entourent également toute la partie occidentale du Lac Nahuel-Huapi[3], et le puissant Tronador (3 400 m., 41° 10′ de lat. S.) est un volcan éteint, perché sur un socle de granite.

Mais, à l'Est de la Cordillère, des chaînons mésozoïques plissés continuent encore à s'étendre. Sur le bord Sud-Est du Nahuel-Huapi, Wehrli a rencontré, au voisinage de Puerto Moreno, une zone de porphyre quartzifère et de porphyrite, qui se dirige vers le S.-E.. A cette zone font suite vers l'Est des tufs grossiers et bréchiformes et, plus à l'Est encore, des grès; puis, près de San Carlos, un large anticlinal constitué par des couches qui, d'après les restes de plantes qu'elles renferment, ne peuvent pas être plus récentes que le Crétacé supérieur. Des plis analogues se voient déjà sur la bordure orientale de la Cordillère, au Sud de 40°; là, ils disparaissent sous les hautes montagnes

39° de lat.), et XIII : *Preliminary Map of the Southern Region of the Argentine Republic* (même échelle). Un résumé détaillé de ce grand ouvrage a été donné par L. Gallois, sous le titre de : *Les Andes de Patagonie* (Annales de Géogr., X, 1901, p. 232-259, pl. II A, B, C : carte à 1 : 1 500 000, pl. 11 à 29 : phot., dont plusieurs inédites). — Pour les pentes occidentales et le versant du Chili, voir H. Steffen, *Studien über West-Patagonien* (Geogr. Zeitschr., XV, 1909, p. 511-520 et 558-571, pl. 8 : carte), et *Viajes de Esploración i Estudio en la Patagonia Occidental 1892-1902*. Publicado come anexo a los Anales de la Universidad de Chile. 2 vol. in-4°, 7 pl. phot., 7 cartes, Santiago, 1909-1910; P. Krüger, *Die Patagonischen Anden zwischen dem 42. und 44. Grade südlicher Breite. Reisen, Studien und Aufnahmen ausgeführt im Auftrag der Chilenischen Regierung* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 164. In-8°, IV-242 p., 4 pl. phot., 1 grande carte en couleurs à 1 : 500 000, intitulée : *Das Andine Gebiet Patagoniens zwischen 40° und 44° S.* Nach den Arbeiten der Chilenischen und Argentinischen Grenzcommissionen und eigenen Aufnahmen entworfen und gezeichnet, Gotha, 1909); H. Steffen, *Ein ungewöhnlicher Fall wissenschaftlicher und litterarischer Freibeuterei (Dr. P. Krügers Abhandlung...). Kritische Betrachtungen* (Verhandl. Deutsch. Wiss. Ver., Santiago de Chile, VI, 1910, p. 1-124).]

1. F. P. Moreno, *Explorations in Patagonia* (Geogr. Journ., XIV, 1899, p. 366).

2. R. Hauthal, *in* Moreno, Revista del Museo de La Plata, VIII, 1898, p. 338 et suiv.

[3. G. Rovereto, *Studi di Geomorfologia Argentina*, III. *La valle del Rio Negro* (Boll. Soc. Geol. Italiana, XXXI, 1912, p. 181-237, pl. III-VII : phot., 42 fig. dans le texte : cartes, coupes et phot.); les p. 181-212 et fig. 1-22 de ce mémoire sont consacrées au Lac Nahuel-Huapi.]

basaltiques qui accompagnent cette bordure[1]. Les roches qui affleurent au Sud-Est du Nahuel-Huapi se poursuivent au moins jusqu'au Rio Manso (41° 40′); à l'Est de ce cours d'eau, Moreno a rencontré, en allant vers la bordure de la Cordillère, une chaîne crétacée qui atteint 7 000 pieds [environ 2 135 m.] et des sommets constitués par une roche porphyritique[2].

Ainsi, les roches anciennes de la Cordillera de la Costa pénètrent de plus en plus à l'intérieur du continent, toujours accompagnées vers l'Est par des sédiments mésozoïques; sous le 40e degré de lat. S., elles sont déjà visibles par 70° de long. W., recouvertes, comme dans le Nord, par des sédiments mésozoïques à empreintes végétales; en outre, entre 38° et 39°, deux longues plaines (fossés d'effondrement) divisent les Andes dans le sens de leur longueur, à l'Est de la vallée longitudinale.

Les porphyrites et leurs tufs bariolés se montrent sur un grand nombre de points. On peut suivre ces roches dans les Pampas; et loin encore au Sud, on voit surgir de dessous les basaltes qui accompagnent la bordure orientale de la chaîne le dôme porphyrique du Mont Kochait (49° 6′ de lat. S., 72° de long. W.)[3]. Moreno mentionne une dépression qui s'étend dans la direction du S.E. à peu près parallèlement au Rio Negro, et, au Sud de cette dépression, un massif montagneux assez étendu, la *Balcheta* (par environ 40° 30′-40′ de lat. S. et 66° à 66° 30′ de long. W.), dont l'altitude va jusqu'à 1 700 mètres[4]. On se souvient qu'au Sud de l'embouchure du Rio Negro, près de la Sierra San Antonio, dans le Golfe de San Matias (41° 40′), nous avons déjà

1. L. Wehrli, *Rapport préliminaire sur mon Expédition géologique dans la Cordillère Argentino-Chilienne du 40° et 41° latitude Sud. Région du Nahuel-Huapi* (Revista del Museo de La Plata, IX, 1899, p. 221-242, 1 pl. : carte et coupe). Au milieu des plis de la bordure orientale se dresse, sans provoquer d'accident aux environs, le pointement liparitique ou trachytique isolé du Cerro del Perro. Pour la région limitrophe, à l'Ouest, voir H. Steffen, *Beiträge zur Topographie und Geologie der andinen Region von Llanquihue* (Festschrift Ferd. Freiherrn von Richthofen zum sechsigsten Geburtstag dargebracht von seinen Schülern. Gr. in-8°, Berlin, 1893, p. 307-344, 2 cartes); à ce travail est jointe une description pétrographique des roches anciennes, par R. Pöhlmann.

2. F. P. Moreno, *Explorations in Patagonia* (Geogr. Journ., XIV, 1899, p. 363); Steffen, Ibid., XVI, 1900, p. 36; Steffen y signale des traces mésozoïques près de 43° 30′. [Voir aussi Fr. Kühn, *Geographische Studien über Nordwest-Patagonien* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1910, p. 383-392, pl. 6 : carte à 1 : 1 000 000), et *Estudios geograficos de la Vertiente Oriental de la Cordillera Argentina entre 39° y 41° Lat. Sur, Territorio nacional de Neuquen* (Bol. Inst. Geogr. Argentino, XXIII, 1910, p. 177-199, 1 carte, phot.); Bailey Willis, *Seccion cordillerana del Ferrocarril transcontinental de San Antonio en la Argentina a Valdivia en Chile* (Boletin de Obras Publicas, Republ. Argentina, VI, 1912, p. 49-57, pl. I-V, dont 2 cartes), et *Recent Surveys in Northern Patagonia* (Geogr. Journ., London, XL, December. 1912, p. 607-615, 3 fig. dont 1 carte).]

3. F. P. Moreno, *Explorations in Patagonia* (Geogr. Journ., XIV, 1899, p. 263).

4. F. P. Moreno, Revista del Museo de La Plata, VIII, 1898, p. 302. Son origine semble, par conséquent, n'être pas très éloignée de la Sierra de la Angostura et de la Piedra Pintada.

signalé un rocher de porphyre (I, p. 687). Au Sud de ce point, des affleurements analogues ne sont pas rares. Si l'on ajoute aux cas signalés par Darwin ceux qu'a observés Scrivenor [1], voici quel est l'état de nos connaissances :

Au Sud de San Antonio (41° 40′), il n'y a actuellement aucun point connu jusqu'à Trelew sur le cours inférieur du Chubut (43° 15′); là, pointe une roche éruptive acide. Puis, à partir de 44°, jusqu'aux hauteurs des Tetas de Pinedo (45° 3′), on voit apparaître, le long de la côte, sur toute une série de points, des porphyres, des porphyrites et des brèches porphyritiques; près de Santa Elena, en particulier (44° 35′), il existe un filon de porphyre quartzifère visible sur une longueur de 11 kilomètres. Au voisinage de Malespina (44° 30′), sur le Chico Chubut, se montrent du porphyre quartzifère et une masse porphyrique affectée de petits plis étroits, orientés au S. E. Je crois devoir admettre que ces affleurements signalés sur le Chico Chubut et le long de la côte, entre 44° et 45°, sont des prolongements de la crête qui, d'après Moreno, s'étend du N.N.W. jusqu'au Lac Musters. Le point le plus proche qui soit connu est Port Desire (Puerto Deseado, 47° 50′), où Darwin signale une bande de porphyre argileux et de brèche stratifiée atteignant 134 mètres d'altitude, et s'étendant sur 40 kilomètres au moins dans l'intérieur du continent.

Enfin, on cite encore Bird Island (48° 56′).

Sur une étendue qui correspond à de nombreux degrés de latitude s'étalent des nappes de galets porphyriques, les graviers de l'étage *Téhuelche*. Siemiradzki et Scrivenor pensent que ces cailloutis proviennent d'îles de porphyre, qui se dressaient au milieu des pampas [2].

1. Ch. Darwin, *Geological Observations on the Volcanic Islands and Parts of South America*, In-8°, London, 2d ed., 1876, p. 435, et ailleurs; J. B. Scrivenor, *Notes on the Geology of Patagonia* (Quart. Journ. Geol. Soc., LIX, 1903, p. 160-179, pl. XIII : carte). [Voir aussi R. Stappenbeck y F. Reichert, *Informe preliminar relativo a la parte Sudeste del Territorio de Chubut*. In-8°, 42 p., 2 pl. de coupes, 1 carte géol. à 1 : 500 000, Buenos Aires, 1909.]

2. Ch. Darwin, ouvr. cité, p. 219; J. v. Siemiradzki, *Zur Geologie von Nord-Patagonien* (Neues Jahrb. f. Min., I, 1893, p. 22-32, en particulier p. 25); Scrivenor, mém. cité, p. 169. Dès 1892, M. v. Siemiradzki, dans une longue et instructive lettre, m'écrivait ce qui suit : « La Sierra de Lihue-Calel (38° de lat. S., 66° de long. W.) est formée par cinq anticlinaux très courts de porphyre granitoïde rouge, dirigés du N.W. au S.E., et séparés les uns des autres par de larges vallées synclinales. Le lit desséché du Cura-Có (ancienne jonction du Rio Salado et du Rio Colorado), dont l'entrée, près de la lagune Urre-Lafquen, est barrée par des dunes de sable, est profondément creusé dans le granite. Les nappes de cailloux roulés de la Patagonie proviennent, non pas des lointaines Cordillères, comme le pensait Darwin, mais de ces montagnes locales qui, à l'Ouest de l'embouchure du Cura-Có dans le Colorado, paraissent former tout le substratum de la Pampa Central. La grande chaîne Choique Mahuida, qui court le long du Cura-Có, fait partie de ce massif. On recoupe de même de petits chaînons porphyriques dans la région comprise entre le haut Colorado et le Rio Negro. » Cette région correspond à peu près à la limite septentrionale des cailloux de porphyre. Siemiradzki n'est pas d'avis que les Andes subissent une virgation; il admet au contraire l'existence de plissements autonomes, plus anciens, orientés N.W.-S.E.

Toutes ces circonstances, en particulier l'insertion des roches anciennes qui, de l'Ouest, pénètrent dans l'intérieur du continent, l'apparition en certains points de crêtes mésozoïques isolées, et tout spécialement la structure des montagnes qui, au Nord et au Sud, limitent ce territoire, m'ont amené à exprimer ici (I, p. 687) l'opinion que, dans ces parages, les rameaux des Andes, dessinant une virgation dans la direction du S. et du S.E., s'écartent les uns des autres. Cette opinion n'est pas partagée par les savants argentins, dont on connaît les éminents services. On lui oppose que Roth, sur le Lago Musters, a rencontré du gabbro, et aussi des roches d'épanchement, probablement du porphyre quartzifère, ainsi que des amygdaloïdes. Toutes ces roches n'auraient rien à faire avec les porphyrites jurassiques des Andes et seraient plus récentes que le Tertiaire inférieur. Il n'y aurait pas de preuves d'une déviation de la Cordillère. Il n'existerait pas de traces de plissement, mais seulement des bouleversements locaux, provoqués par les éruptions volcaniques[1].

Pour l'instant, il suffit de constater que toute cette région ne présente pas la série des terrains que l'on observe au Brésil, ni celle des Précordillères Argentines; la présence de nombreuses roches éruptives, quel qu'en soit d'ailleurs l'âge, la rapproche bien plutôt de celle des Andes Occidentales, dont elle n'est, du reste, séparée par aucune limite tranchée, comme le prouvent la Sierra Pintada et la Piedra Pintada, par exemple.

Sierra de la Ventana (I, p. 686). — La divergence d'opinions qui vient d'être signalée s'étend également à la signification des chaînes qui atteignent, à l'Est, le Cap Corrientes et Bahia Blanca[2]. Quant aux faits eux-mêmes, aucun doute ne subsiste à leur égard, grâce surtout aux descriptions très précises données par Hauthal et par Schiller.

Un groupe septentrional de chaînons d'une faible hauteur s'étend dans la direction du S.E., au delà d'Olavarria, par *Tandil*, jusqu'au Cap Corrientes. Du granite et des gneiss se montrent sur le flanc Nord. Pardessus reposent en discordance, sans être affectés de plissements violents, mais coupés toutefois de failles, de la dolomie, des quartzites et, en quelques endroits, un calcaire de couleur foncée. Les quartzites renferment des débris qu'on considère comme appartenant à *Arthro-*

1. H. Keidel, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, CXVI, Abth. I, 1907, p. 650. [Voir aussi R. Stappenbeck, *Geologische Beschreibung der Umgebung des Sees Musters in Patagonien* (Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-Naturwiss. Kl., CXVII, Abt. 1, 1908, p. 1243-1249, 4 coupes dans le texte, 2 pl. dont 1 carte géol. à 1 : 500 000).]

[2. Voir S. Roth, *La construcción de un canal de Bahia Blanca á las Provincias Andinas, bajó el punto de vista hidrogeológico* (Revista del Museo de La Plata, XVI (2ª ser., III), 1909, p. 171-203, 6 fig., pl. I-IV, dont 2 cartes).]

phycus Harlani, Hall (limite supérieure du Silurien inférieur de l'Amérique du Nord).

Au Sud, comme pendant à ces chaînons et séparé d'eux par une plaine large d'environ 150 kilomètres, se dresse un second groupe montagneux, qui se divise dans la direction du S.E.; il a reçu le nom de *Sierra de la Ventana*, emprunté à sa partie la plus élevée (1 280 m. d'après des mesures récentes). Au Sud-Ouest de la Sierra de la Ventana (F, fig. 302) affleure un granite ancien, puis, formant la partie culminante de la Sierra, un quartzite, tout à fait analogue à celui de la Sierra Tandil, mais qui est toutefois complètement renversé du S. W. au N.E. Au pied Nord de la Sierra de la Ventana, le quartzite plonge au Sud et recouvre des schistes argileux; ensuite, sur les flancs de la Sierra de Pillahuinco (D, fig. 302), située du côté opposé, on voit apparaître un conglomérat, puis de nouveau des schistes argileux.

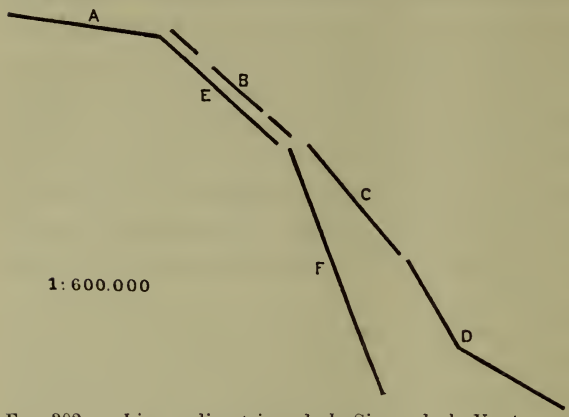


Fig. 302. — Lignes directrices de la Sierra de la Ventana, d'après R. Hauthal.

A, Sierra de Puan; B, Sierra de Bravard; C. Sierra de las Tunas; D, Sierra de Pillahuinco; E, Sierra de Curumalal; F, Sierra de la Ventana.

Hauthal considérait le groupe septentrional (Sierra de Tandil) comme ayant servi d'obstacle résistant, et les chaînes méridionales (Sierra de la Ventana) comme plissées contre ce môle par un refoulement venu du Sud-Ouest. Schiller et Keidel considèrent F et C comme les deux flancs d'un synclinal, renversé du S.W. dans la direction du N.E. [1].

Burmeister avait considéré les Sierras de Tandil et de la Ventana comme des fragments d'un ancien système de montagnes; Hauthal et les

1. R. Hauthal, *La Sierra de la Ventana* (Revista del Museo de La Plata, III, 1892, p. 3-11, 3 fig.); *Contribución al estudio de la geologia de la Provincia de Buenos Aires, I. Las Sierras entre Cabo Corrientes é Hinojo* (Ibid., VII, 1896, p. 477-490, 3 pl.); *Contribuciones al conocimiento de la Geologia de la Provincia de Buenos Aires, I. Excursion à la Sierra de La Ventana; II. Apuntes geologicos de las Sierras de Olavarria* (Publ. de la Universidad de La Plata, n° 1, 1901, p. 1-30, 1 carte); *Beiträge zur Geologie der argentinischen Provinz Buenos Aires* (Petermanns Mitteil., L, 1904, p. 83-92 et 112-117, pl. 6 : carte; ce document figure une troisième ligne s'ajoutant à la virgation et dirigée S.S.E., la Sierra del Chaco, à l'Ouest de la Sierra de la Ventana). — W. Schiller, *in* H. Keidel, mém. cité, p. 650-652; voir aussi J. Valentin, *Rápido Estudio sobre las Sierras de los Partidos de Olavarria y del Azul, Provincia de Buenos Aires* (Revista del Museo de La Plata, VI, 1895, p. 1-24, 16 pl.). — J. v. Siemiradzki a signalé des fossiles dévoniens dans le prolongement Nord-Ouest de la Sierra de Tandil, mais le fait est douteux; *Eine Forschungsreise in Patagonien* (Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, p. 49-62, pl. 5 :

observateurs venus après lui pensent que ces Sierras sont étrangères au groupement andin. Stelzner, par contre, les considérait comme des rameaux des Andes. Je crois devoir m'en tenir aux vues de Stelzner, sinon pour la Sierra de Tandil, tout au moins en ce qui concerne la Sierra de la Ventana.

Près de l'embouchure du Rio de la Plata, dans l'Ile *Martin Garcia*, une roche intrusive basique, probablement ancienne, vient au jour. A Buenos Aires, un forage[1] aurait rencontré du gneiss à la profondeur de 300 mètres. Ce sont là les traces de l'ancienne masse continentale brésilienne, à la bordure de laquelle se rattache la Sierra de Tandil. La Sierra de la Ventana représente pour nous une partie de la série paléozoïque, qui a été plissée par suite de l'empiètement des mouvements andins sur le domaine de l'avant-pays. La direction du plissement vers le N.E. est celle à laquelle on devrait s'attendre en cet endroit, d'après la structure générale des Chaînes Argentines, résultant d'un mouvement d'ensemble vers l'Est. Cette conception s'accorde aussi avec ce qui a été dit sur la nature de la côte orientale de la Patagonie, et nous épargne l'obligation d'imaginer que la Sierra de la Ventana représente dans cette architecture de l'Amérique du Sud, par ailleurs si pleine d'unité, un élément indépendant.

Patagonie. — Les larges plateaux de la région non plissée s'élèvent dans la direction de l'Ouest. Des nappes basaltiques et des cônes, de vastes lacs, de puissantes moraines accompagnent la bordure orientale de la chaîne. Dans son voisinage apparaissent des couches crétacées un peu plus fortement redressées. A une certaine distance des montagnes, le Crétacé et le Tertiaire[2] demeurent horizontaux. Le Crétacé atteint également la côte atlantique, par exemple près de Puerto San Julian (49° 20′).

Près de Roca, sur le Rio Negro (39° 5′), il existe des sables rouges à Dinosauriens, qui répondent à l'étage guaranitique, et un dépôt marin du Sénonien supérieur ou du Danien. Sur le haut Limay (40°), à l'Est de la Sierra Pintada, Roth a trouvé les mêmes sables à Dinosauriens, reposant sur des grès qui passent à des quartzites[3].

Beaucoup plus au Sud, à l'Est du Lac Pueyrredon (47° 30′), Hatcher a rencontré des sables verts à grandes Huîtres et, par-dessus, un con-

carte); pour une interprétation différente, voir en outre W. Sievers, Ibid., XLVIII, 1902, Litteratur-Bericht, p. 78.

1. J. Valentin a réuni les données qui s'y rapportent (*Bosquejo geologico de la Argentina*, 1897, p. 12).

[2. Voir A. Tournouër, *Note sur la Géologie et la Paléontologie de la Patagonie* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., III, 1903, p. 463-473, 6 fig. dont 1 carte); et A. Gaudry, *Fossiles de Patagonie. Étude sur une portion du Monde Antarctique* (Annales de Pal., I, 1906, p. 101-143, 27 fig.).]

3. S. Roth, Revista del Museo de La Plata, X, 1902, p. 231.

glomérat contenant des morceaux de bois fossile, percés de trous de Pholades; puis les couches fossilifères de Belgrano, dont la faune, d'après Stanton, n'est pas plus récente que le Gault. Les Trigonies rappellent celles d'Uitenhage[1].

Au Cerro Belgrano, un tuf porphyrique existe sous le Crétacé.

Les sables à Dinosauriens de la région septentrionale se retrouvent sur les bords du Rio Mayer (48° 15′ à 48° 30′). La carte géologique de Hauthal (fig. 303) et les commentaires de Wilckens permettent de se faire une idée nette de la région comprise entre le Lago Argentino et le Seno de la Ultima Esperanza (50° 10′ à 51° 55′). Les hautes montagnes sont couvertes de glaciers et inconnues. Vers l'Est, elles confinent à une zone qui est constituée par des grès quartzeux et au-dessus, par des bancs épais de schistes argileux comprimés, esquilleux, renfermant des Algues; ces schistes, qui rappellent ceux du Flysch, sont caractérisés par de nombreux Inocérames, ainsi que par des *Pachydiscus* et des *Cardiaster*. Après ce qui a été dit ici même du Flysch des Alpes Orientales et de la série de Yakutat, dans l'Alaska, la réapparition de ce facies en des points aussi éloignés doit provoquer de l'étonnement. Wilckens nomme cet horizon étage à *Inoceramus Steinmanni*; Paulcke lui assigne un âge sénonien, probablement sénonien supérieur. Par-dessus viennent des couches marines, et aussi des couches sembables à celles que Kurtz, en raison de l'analogie de leur flore fossile, rapproche de l'étage du Dakota, mais que Wilckens range dans le Sénonien supérieur. L'étage de la *Lahillia Luisae* renferme encore des Baculites, et appartient également au Sénonien supérieur[2].

1. J. B. Hatcher, *On the Geology of Southern Patagonia* (Amer. Journ. of Sc., 4th ser., IV, 1897, p. 327-334, 12 fig.), et *Sedimentary Rocks of Southern Patagonia* (Ibid., 4th ser., IX, 1900, p. 85-108, pl. 1 : carte). Voir aussi : *Reports of the Princeton University Expeditions to Patagonia, 1896-1899*, edited by W. B. Scott, IV, *Paleontology*, Part I. *The Marine Cretaceous Invertebrates*, by T. W. Stanton. In-4°, 43 p., 10 pl. Princeton, N. J., 1901. [Voir aussi J. B. Hatcher, *Some Geographic Features of Southern Patagonia, with a Discussion of their Origin* (Nat. Geogr. Mag., XI, 1900, p. 41-55, 4 phot.), et *Reports of the Princetan University Expeditions to Patagonia, 1896-1899*, Vol. I, *Narrative of the Expeditions. Geography of Southern Patagonia*. In-4°, 314 p., 51 pl. phot., 1 carte. Princeton, N. J., 1903; R. Hauthal, *Expedition der Princeton-Universität nach Patagonien* (Petermanns Mitteil., LII, 1906, p. 186-190).]

2. R. Hauthal *in* F. Kurtz, *Contribuciones a la Palaeophytologia Argentina*, III (Revista del Museo de La Plata, X, 1902, p. 43-60); O. Wilckens, *Die Lamellibranchiaten, Gastropoden, etc., der oberen Kreide Südpatagoniens* (Berichte Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., XV, 1905, p. 91-156, pl. II-IX); W. Paulcke, *Die Cephalopoden der oberen Kreide Südpatagoniens* (Ibid., XV, 1906, p. 167-248, pl. X-XIX), et surtout O. Wilckens, *Erläuterungen zu* R. Hauthals *Geo-*

LÉGENDE DE LA FIGURE 303.

Terrain Crétacé supérieur : 1. Schistes et grès noirs à *Inoceramus Steinmanni*, en partie métamorphisés par les granodiorites; 2. Grès verts à *Hoplites plasticus* et *Amathusia* (*Lahillia*) *Luisa*, conglomérats; 3. Mollasse de Patagonie : grès bruns et jaunâtres, avec bancs calcaires contenant des fossiles; 4. Granites, diorites et porphyres; 5. Basaltes, andésites et tufs; 6. Alluvions et graviers; 7. Principales moraines subandines. — Échelle de 1 : 1 000 000.

FIG. 303. — Andes de Patagonie. Carte géologique de la région comprise entre le Lago Argentino et le Seno de la Ultima Esperanza, d'après R. Hauthal (*Berichte der Naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. Br.*, XV, 1905, pl. I).

Les affleurements signalés comme néocomiens dans la Péninsule de Brunswick (Mont Tarn près de Port Famine, 53° 30′) appartiennent aussi à la lisière des montagnes. C'est d'une zone plus interne que provient l'énigmatique *Helicoceras fuegense* : son gisement, d'après Dana, se trouve dans la Baie de Nassau (I, p. 676) [1].

Comme dans la région des Prairies de l'Amérique du Nord, on voit surgir ici, sur la bordure externe de la Haute Chaîne, des dômes isolés de granite récent, qui sont des laccolithes. Hauthal en cite plusieurs exemples, notamment le *Cerro Payne* (50° 55′ de lat. S., 73° de long. W., 2 500 m.), qu'entourent, comme un manteau, des couches crétacées dans lesquelles il envoie des apophyses. Le *Chalten* (Fitzroy, 49° 15′ de lat. S., 70° de long. W.) est également un laccolithe de granite; on l'a pris, comme le Payne, pour un volcan [2]. Les marnes crétacées parais-

FIG. 304. — Andes de Patagonie. Coupe du Mont Stokes à la branche Nord du Rio Coyle, d'après R. Hauthal (*Berichte der Naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. Br.*, XV, 1905, pl. I, 1907).

1. Schistes et grès noirs à *Inoceramus Steinmanni*; 2. D° métamorphisés par les granodiorites; 3. Grès verts et conglomérats; 4. Mollasse de Patagonie; 5. Granites, diorites et porphyres; 6. Basaltes, andésites et tufs. — Échelle de 1 : 750 000 (longueurs et hauteurs).

logische Skizze des Gebietes zwischen den Lago Argentino und den Seno de la Ultima Esperanza, Südpatagonien (Ibid., XV, 1905, p. 75-96, pl. I : carte). [Voir aussi G. Steinmann und O. Wilckens, *Kreide- und Tertiärfossilien aus den Magellanländern, gesammelt von der Schwedischen Expedition 1895-1897* (Arkiv f. Zoologi, K. Svenska Vetenskapsakad., Stockholm, IV, n° 6, p. 1-118, pl. I-VII, 1908; renferme une Bibliographie).]

1. Ch. A. White a décrit quelques fossiles du Crétacé supérieur provenant des îles du Détroit de Magellan dans les Proc. U. S. Nat. Museum, XIII, 1890, p. 13, 14. [Voir aussi F. Favre, *Die Ammoniten der unteren Kreide Patagoniens* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXV, 1908, p. 601-647, pl. XXXII-XXXVII, 7 fig. dans le texte); R. Douvillé, *Sur des Holcostéphanidés et quelques autres fossiles rapportés du Territoire de Neuquen par M.* Récopé, *Ingénieur des Mines* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., IX, 1909, p. 293-296), et *Céphalopodes Argentins* (Mém. Soc. Géol. de Fr., Paléontologie, XVII, Mém. n° 43, 1910, p. 1-24, pl. I-III); E. Stolley, *Ueber einige Cephalopoden aus der unteren Kreide Patagoniens* (Arkiv f. Zoologi, K. Svenska Vetenskapsakad., Stockholm, VII, n° 23, 18 p., 1 pl., 1912).]

2. R. Hauthal, *Ueber patagonisches Tertiär, etc.* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., L, 1898, p. 436-440), et *Mitteilungen über den heutigen Stand der geologischen Erforschung Argentiniens* (Congrès Géol. Internat., Compte rendu de la IXe Session, Vienne, 1903, p. 649-656).

sent avoir joué, vis-à-vis de ces intrusions, le même rôle qu'en avant des Montagnes Rocheuses.

Il n'y a pas lieu d'entrer ici dans les détails de la subdivision des couches tertiaires. Sur le *Rio Mayer*, des couches d'eau douce tertiaires, qui sont horizontales[1], s'adossent, d'après Hatcher, à des couches marines tertiaires inclinées. Otto Nordenskjöld a vu près du *Lake Solier*, dans la Terre de Feu (54° 25′ de lat. S., 67° 45′ de long. W.), des couches verticales, qui sont probablement tertiaires, et qui affleurent dans les avant-monts septentrionaux de la Cordillère; ces couches se poursuivent, semble-t-il, jusqu'à la pointe extrême, le *Cap San Diego*, dans le Détroit de Le Maire. Pour tous les détails, on peut renvoyer à l'excellent travail de Wilckens sur cette question[2].

Dans les plaines qui s'étendent du Rio Negro à la Terre de Feu se présentent, sur une étendue considérable, des formations volcaniques qui diffèrent essentiellement des cônes élevés des Andes. Ce sont de larges tables, constituées par une lave basaltique très fluide. Hauthal les a figurées sur une carte. D'après ses indications, ce sont des épanchements sortis avec tranquillité de fentes qui, bien qu'ayant parfois à peine 1 mètre de large, se poursuivent sur un grand nombre de kilomètres. Çà et là, on voit aussi des cratères, qui se dressent souvent en groupes pressés, comme sur le cours inférieur du Rio Gallegos, par exemple (fig. 304). Les cônes ne s'élèvent habituellement qu'à quelques centaines de mètres[3].

Au voisinage des Andes, ces formations acquièrent entre 40° 15′ et 41° 10′ une puissance toute particulière ; les cônes s'y dressent en une rangée méridienne indépendante, en avant des Andes, auxquelles ils

[Voir aussi P. D. Quensel, *Beitrag zur Geologie der patagonischen Cordillera* (Geol. Rundschau, Leipzig, I, p. 297-302), et *Geologisch-petrographische Studien in der patagonischen Cordillera* (Bull. Geol. Inst. Univ. of Upsala, XI, 1910, p. 1-114, pl. I-V, dont 1 carte géol. en couleurs à 1 : 3 000 000, 27 fig. dans le texte, 1912).]

1. J. B. Hatcher, *On the Geology of Southern Patagonia*, 1897, p. 338, fig. 3.

2. O. Nordenskjöld, *Geological Map of the Magellan Territories* (Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach den Magellansländern, I, n° 3, 1899, p. 81-85); l'hypothèse d'un âge tertiaire repose, dans ce cas particulier, sur une ressemblance pétrographique. — O. Wilckens, *Die Meeresablagerungen der Kreide und Tertiärformation in Patagonien* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XXI, 1905, p. 98-195, pl. V : carte). [Ce travail renferme, p. 101-128, un copieux index bibliographique, suivi d'un historique détaillé.]

3. R. Hauthal, *Distribucion de los Centros volcanicos en la Republica Argentina y Chile.* (Revista del Museo de La Plata, XI, 1903, p. 177-192, 1 pl. carte).

LÉGENDE DE LA FIGURE 305.

1. Terrains métamorphiques, en grande partie anciens; 2. Terrains secondaires; 3. Terrains tertiaires et alluvions; 4. Granites des Andes et diorites de la Cordillère de la Côte; 5. Porphyrites, tufs et roches éruptives diverses de la Cordillère Orientale; 6. Roches intrusives (laccolithes) de la Cordillère Orientale; 7. Andésites et basaltes de la Cordillère Centrale; 8. Épanchements basaltiques des Pampas. — Échelle de 1 : 6 000 000.

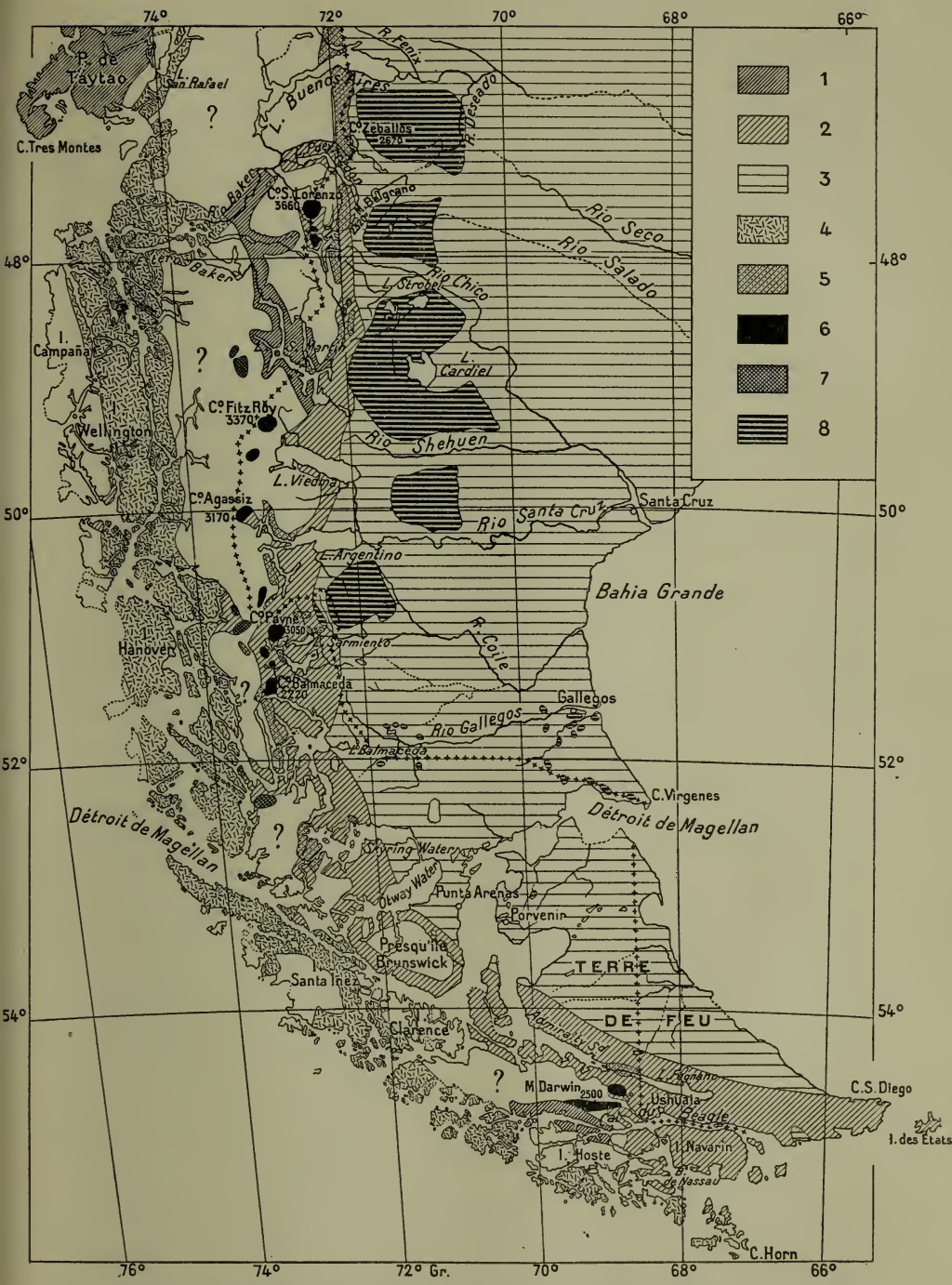


Fig. 305. — Carte géologique du Sud de la Patagonie, d'après P. D. Quensel (*Bull. of the Geol. Institution, University of Upsala*, XI, 1910, pl. V).

sont reliés par un plateau volcanique. Wehrli dit de cette rangée qu'elle constitue « une sorte de *Pré-Andes* »[1].

Cette disposition se reproduit entre 47° et 48°; là, les altitude sont encore plus considérables (Cerro Zeballos, 2 670 m.). La nature basaltique de ces volcans n'est pas encore tout à fait certaine.

Nous pouvons maintenant cesser de parler de la bordure des montagnes et nous occuper de la chaîne elle-même.

Les roches anciennes de la Cordillera de la Costa ont déja été signalées, avec de nombreuses interruptions, il est vrai, jusqu'aux environs de 46° 30′, et nous avons vu (I, 700) que, d'après Darwin et Steinmann, une zone de schistes et de grès, qui descend sur le flanc oriental de la chaîne, atteint la Péninsule de Brunswick, l'Admiralty Sound et enfin le Détroit de Le Maire (fig. 305).

Tel est le tracé de la grande ligne directrice, concave vers le N., qui reproduit la courbure de la Sierra Madre mexicaine[2].

La connaissance de l'extrémité méridionale de cette chaîne a fait des progrès décisifs, grâce au rapport de Lovisato sur l'expédition italienne conduite par le lieutenant Bove (1882)[3], puis grâce au Dr Hyades, membre de la mission française du Cap Horn (1882-1883)[4], enfin grâce à l'expédition suédoise dirigée par Otto Nordenskjöld. Un des fruits de cette dernière a été une carte géologique qui, du Sud, s'étend jusqu'à la latitude de 50°[5]. Si l'on rapproche de ces travaux

1. L. Wehrli, Revista del Museo de La Plata, IX, 1899, p. 239.

2. Dans son excellent exposé, King indique l'Obstruction Bay (52°10′ à 52°30′ de lat. S.) comme marquant la fin de la Cordillère des Andes; H. Steffen (Verhandl. Gesellsch. f. Erdk. Berlin, XXVII, 1900, p. 212) voit un obstacle à la jonction des Andes de Patagonie avec la chaîne côtière, c'est le fait que les chaînes de hauteurs allongées se terminent dans l'île de Chiloé; O. Nordenskjöld, au contraire (mém. cité, p. 212), estime que la partie Ouest du Détroit de Magellan avec le Détroit de l'Amirauté et le Lac Fagnano pourrait bien être considérée comme le prolongement de la Vallée longitudinale du Chili, qui commence à plus de 25 degrés de latitude au Nord du Lac Fagnano. Un des géographes qui connaissent le mieux ce pays, Fr. Fonck, considère les sommets Sarmiento et Darwin, situés au Sud de l'alignement en question, comme représentant la Cordillère littorale, en face de la Cordillère principale expirante (Fr. Fonck, *Introduccion à la Orografia i Jeologia de la Region Austral de Sud America*, Entrada 1a. In-8°, 98 p., Valparaiso, 1893; en particulier p. 60, 61). Fonck a invoqué diverses raisons et d'anciens témoignages pour prouver que le Cap Froward (738 m., 53° 55′ de lat. S.), extrémité du Continent Sud-Américain, représente également l'extrémité de la branche principale des Cordillères ou Cordillera de los Andes; Fr. Fonck, *Examen critico de la obra del Señor Perito Argentino* F. P. Moreno *como contribucion á la defensa de Chile*. In-8°, XII-146 p., 1 pl., cartes, Valparaiso, 1902; en particulier, p. 49.

3. D. Lovisato, *Una escursione geologica nella Patagonia e nella Terra del Fuoco* (Boll. Soc. Geogr. Ital., XX, 1883, p. 333-347 et 420-443; voir aussi p. 31-35 et 114-120, cartes).

4. *Mission Scientifique du Cap Horn, 1882-1883*; t. IV, *Géologie*, par le Dr Hyades. In-4°, 249 p., 3 cartes, 30 pl., Paris, 1887. Cet ouvrage renferme également la description des roches recueillies par Lovisato.

5. O. Nordenskjöld, *Geological Map of the Magellan Territories*, 1 : 1 500 000 (Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach den Magellansländern, I, n° 3, 1899). [Voir aussi O. Nordenskjöld, *Topographish-geologische Studien in Fjordgebieten* (Bull. Geol. Inst. Univ. of Upsala, IV, pt. 2, 1899, p. 206-210); P. Stange, *Die Erforschung der Magellan-*

les relations antérieures, en particulier celles de King et de Darwin, voici les résultats auxquels on arrive :

Dans l'*Ile des États*, longue de 72 kilomètres, dominent des grès, des quartzites et des schistes argileux, dont la direction va de l'E. à l'E.N.E. Au Cap Conway, au milieu de la côte septentrionale, on a trouvé dans les schistes quelques fossiles, qu'on a pris tout d'abord pour des traces paléozoïques. Mais Steinmann a trouvé dans les mêmes échantillons des fragments d'Inocérames; aussi considère-t-il les schistes argileux du Cap Conway comme le prolongement des roches crétacées du Mont Tarn, sur le continent. En même temps, Steinmann remarquait beaucoup de mica de formation récente et des analogies avec les schistes des Grisons, comme si une influence dynamique s'était exercée sur les sédiments dans la direction de l'Ile des États[1].

A l'intérieur, en partant du Cap Conway, le sommet du Mont Sébastien Cabot est constitué par des schistes amphiboliques. Les schistes argileux d'âge crétacé, de même que les schistes amphiboliques, se poursuivent au delà du Détroit de Le Maire.

Des schistes de différentes sortes, mais spécialement des schistes amphiboliques, forment, à partir de là, la plus grande partie de la chaîne jusqu'à la Presqu'île de Brunswick et jusqu'à l'Otway Water, c'est-à-dire sur une étendue de 500 à 600 kilomètres. Il est vraisemblable que les mêmes roches pénètrent encore beaucoup plus loin, et prennent part à la structure de la chaîne à l'Ouest du cours supérieur du Gallegos. Les schistes amphiboliques règnent sur les bords du *Canal du Beagle*; ils constituent la haute chaîne qui s'étend jusqu'au *Mont Sarmiento*, puis certaines parties des Iles Clarence et Dawson, le Cap Froward, etc. Sur la côte Nord de l'Ile Hoste, ces roches passent à des gneiss amphiboliques; ailleurs, on a rencontré des schistes quartzeux grenatifères, des porphyres feldspathiques schisteux, des chloritoschistes et, sur deux points, des schistes à andalousite. Tous

strasse (Petermanns Mitteil., LII, 1906, p. 139-140, pl. 11 : carte bathymétrique); R. A. F. Penrose, jr. *The Gold Regions of the Strait of Magellan and Tierra del Fuego* (Journ. of Geol., XVI, 1908, p. 683-697, 8 fig., 1 carte); J. Gunnar Andersson, *Geological Fragments from Tierra del Fuego* (Bull. Geol. Inst. Univ. of Upsala, VIII, 1906-07, p. 169-183, 6 fig., pl. 9-12, dont 2 cartes, 1908); Thore G. Halle, *On Quaternary deposits and changes of level in Patagonia and Tierra del Fuego* (Ibid., IX, 1908-09, p. 93-117, 5 fig., pl. 5, 6 : cartes, 1910); C. Skottsberg, *The Swedish Magellanic Expedition, 1907-1909; Preliminary Report* (Geogr. Journ., XXXI, 1908, p. 640-645; XXXII, 1908, p. 485-488, 591-594; XXXIII, 1909, p. 289-294; XXXIV, 1909, p. 409-421).]

1. G. Steinmann, *Das Alter der Schieferformation im Feuerlande* (Centralbl. f. Mineralogie, 1908, p. 193, 194). [Consulter en outre : J. Gunnar Andersson, *On the principal geological Results of the Swedish Antarctic Expedition* (Congrès Géol. Internat., C. R. X^e^ session, Mexico, 1906, 2e fasc., p. 725-733); O. Nordenskjöld, *Die geologischen Beziehungen zwischen Südamerika und der angrenzenden Antarktika* (Congrès Géol. Internat., C. R. XIe Session, Stockholm, 1910, 2e fasc., p. 759-765).]

ces schistes sont accompagnés, au Nord, par la zone crétacée du Mont Tarn. Quelques Foraminifères trouvés par Hyades, au Sud, dans les schistes ardoisiers de l'Ile Button (côte occidentale de Navarin, Baie Ponsomby) restent douteux. Tous les schistes anciens ont subi des pressions [1].

Au Sud et à l'Ouest de ces montagnes court, depuis l'extrême Sud jusque loin dans la direction du Nord, une longue zone presque continue, comme le laisse deviner la carte de Nordenskjöld, et qui est constituée par des roches granitiques récentes. Cette zone commence au Cap Horn et à l'Ile Hermite, et on l'a retrouvée dans un grand nombre des îles qui s'allongent le long de la côte méridionale et occidentale. On connaît également ces roches dans le Canal Trinidad (50° de lat. S.), et elles ressemblent tellement à la granodiorite des Andes et de l'Ouest de l'Amérique du Nord que Nordenskjöld a pu exprimer l'opinion qu'il existait, le long de la côte pacifique de la Patagonie, une grande traînée granitique, analogue à celle qu'on observe dans l'Alaska, par exemple [2].

Des roches andésitiques ont été mentionnées sur quelques points, par exemple au milieu du Canal du Beagle. Les environs de la *Baie de Nassau* constituent une exception. Des andésites, des tufs et des brèches andésitiques, des basaltes columnaires et des labradorites se montrent dans la Presqu'île Hardy et dans les îles qui la précèdent à l'Est, au Sud de l'Ile Navarin et au Nord de l'Ile Grévy. Ces roches signalent l'emplacement d'éruptions plus récentes. Dans le Nord de l'Ile Grévy, Hyades a rencontré de petits cônes basaltiques, dont l'un figure dans la liste des volcans dressée par Hauthal sous le nom de *Mont Oreille* (213 m., 55° 33′ de lat. S.).

Le Mont Oreille n'est pas séparé par moins de 12° de latitude du volcan le plus méridional qui ait été reconnu jusqu'ici; mais la chaîne est encore à peu près inexplorée; des petits cônes analogues peuvent facilement demeurer inaperçus, et, de fait, des roches andésitiques y affleurent çà et là. Le Mont Oreille est situé en un point où se manifeste, à partir de la Presqu'île Hardy, en passant par les Iles Wollaston et en allant vers le Cap Horn, une déviation dans l'orientation générale de la chaîne. C'est précisément là, dans la Baie de Nassau, que deux

1. Ross signale dans l'Ile Hermite un greenstone compact et une roche à hornblende (*Voyage to the South Seas*, II, p. 287); greenstone syénitique sur une base de granite, dit Mc Cormick (Ibid., p. 418). — Steffen a, de même, rencontré des roches granitiques dans le Baker-Fjord (Estero Calén, 47°50′ à 48°15′ de lat. S.); je n'ose décider si elles appartiennent à la même bande. Là encore, des schistes noirs succèdent au granite, du côté du bord oriental des montagnes; H. Steffen, *Der Baker-Fjord in Westpatagonien* (Petermanns Mitteil., L, 1904, p. 140-144, pl. 9 : carte bathymétrique). Hyades dit que le granite à hornblende passe au schiste à hornblende.

2. O. Nordenskjöld, *Die Krystallinischen Gesteine der Magellansländer*, p. 193, et ailleurs.

rameaux se séparent, à ce qu'il semble, dont l'un s'oriente vers l'E., à travers l'Ile des États, finalement même vers l'E.N.E., tandis que l'autre se dirige par le Cap Horn vers le S.E. Ce dernier rameau n'est, à vrai dire, indiqué que par la disposition des îles; dans l'Ile Grévy, à peu de distance au-dessous du Mont Oreille, apparaît encore de l'amphibolite schisteuse [1]. Aussi n'est-il pas certain qu'une coulisse se détache réellement là de la chaîne. Comme argument en faveur de cette hypothèse, on peut citer le fait qu'Andersson, dans la Baie Tekenika, dans la partie occidentale de la Baie de Nassau, où la séparation paraît se produire, a rencontré une série de couches énergiquement plissées qui renferment des Mollusques marins et du bois flotté. On a recueilli également *Helioceras fuegense* dans le voisinage de Tekenika [2].

Seconde avancée. — Bellingshausen, après avoir visité, en 1819, les Iles Sandwich Australes et avoir assisté à une éruption volcanique dans la plus septentrionale de ces îles, l'Ile Savadovsky, écrivait : « La Terre Sandwich et les Iles Traversey paraissent former les sommets d'une crête montagneuse qui se relie par l'intermédiaire des Rochers Clerks à la Géorgie du Sud, puis, par les écueils de l'Aurora, aux Iles Falkland » [3].

L'existence des écueils de l'Aurora est devenue extrêmement douteuse, mais l'hypothèse d'une liaison quelconque entre la Patagonie et les chaînes de montagnes antarctiques a été fréquemment exprimée depuis, par exemple en 1831 par Barrow [4].

Dès 1886, H. Reiter, dans un mémoire remarquable, exposait l'idée que *l'opposition du domaine atlantique et du domaine pacifique continue à s'accuser dans ces contrées australes.* La disposition en arc de cercle de la Terre de Graham, des Iles Shetland du Sud et des Iles Orcades du Sud, et l'arc de la Patagonie, dont la courbure est tournée en sens inverse, ont été figurés par ce géographe, avec leurs lignes directrices, sur une carte qui met en évidence une harmonie particulière dans la disposition des deux arcs (II, p. 334) [5].

En 1895, Petersen tenait pour vraisemblable que les volcans des contrées australes, dont nous venons de parler, étaient la continuation d'une rangée volcanique s'incurvant en Patagonie vers le Sud-Est [6].

1. Au Cap Hall (Hyades, *Mission du Cap Horn, Géologie*, p. 173).

2. J. Gunnar Andersson, *The Swedish Antarctic Expedition* (Geogr. Journ., London, XXIII, 1904, p. 215). Dana dit : « A mi-chemin entre Orange Harbour et la tête de la Baie de Nassau, dans des schistes argileux » (*in* Wilkes, *U. S. Exploring Expedition*, X, 1849, p. 604, 720).

3. F. Lowe, *Bellinghausen's Reise nach der Südsee und Entdeckungen im Südlichen Eismeer* (Erman's Archiv f. wiss. Kunde v. Russland, II, 1842, p. 125-174; en particulier p. 137).

4. John Barrow, Note, *in* Journ. R. Geogr. Soc., I, 1830-31, p. 62.

5. H. Reiter, *Die Südpolarfrage*; Habilit.-Schrift. In-8°, 34 p., 1 carte, Weimar, 1886.

6. J. Petersen, *Reisen des « Jason » und der « Hertha » in das Antarktische Meer 1893-94*

La même année, Arctowski traçait une ligne directrice continue, en forme d'arc, de l'Ile des États vers la Terre de Graham, en passant par les Iles Orcades du Sud, et il exprimait l'opinion — c'était là une hypothèse qui n'était pas trop audacieuse, à son avis, — *que les Andes réapparaissent dans la Terre de Graham* [1].

Cette manière de voir a rencontré l'approbation de presque tous les explorateurs récents, en particulier de J. Gunnar Andersson, à qui l'on doit tant pour la connaissance de ces régions [2].

Quand on entre dans les détails, il faut d'abord mettre à part les *Iles Falkland* ou Malouines. Elles ont été précédemment représentées (I, p. 702) comme un fragment distinct et aberrant, constitué par des couches paléozoïques plissées. Le Dévonien qu'on y rencontre est complètement inconnu dans les Andes Occidentales, et rappelle au contraire tout à fait celui du Matto Grosso et des Andes Boliviennes. Darwin dit que ce sont des schistes argileux et des grès fortement redressés, présentant à l'Est une orientation E.-W, qui, plus à l'Ouest, passe à W.N.W. et plus loin encore finit même par devenir N.-S. [3]. Au Cap Meredith, la pointe la plus méridionale de l'Ile West Falkland, le Dévonien, d'après les indications d'Andersson, repose directement sur du gneiss. Ces observations nous indiqueraient l'existence d'un arc concave vers le Nord-Est, que décrirait le Dévonien. Il y a plus : Arber et Nathorst, en examinant les plantes fossiles qu'Andersson a rapportées de la petite Ile Speedwell, située au Sud de l'Ile East Falkland, ont pu y démontrer la présence de traces de la flore à *Glossopteris* de l'Afrique Australe; et depuis, Halle a rencontré des *Glossopteris* sur un grand nombre de points d'East Falkland [4]. D'après une communication manuscrite qu'a bien voulu m'adresser M. Nathorst,

(Mitteil. Geogr. Gesellsch. Hamburg für 1891-92, Heft II, 1895, 61 p., carte; en particulier p. 31).

1. H. Arctowski, *Observations sur l'intérêt que présente l'exploration géologique des Terres Australes* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXIII, 1895, p. 589-591, 1 carte dans le texte).

2. J. G. Andersson, *On the Geology of Graham Land* (Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, VII, 1904-05, p. 19-71, 8 fig., pl. I-VI, dont 3 cartes, 1906); voir aussi O. Wilckens, *Zur Geologie der Südpolarländer* (Centralbl. f. Min., 1906, p. 173-180). [Consulter en outre : J. G. Andersson, *On the principal Geological Results of the Swedish Antarctic Expedition* (Congrès Géol. Internat., C. R. Xe Session, Mexico, 1906, 2e fasc., p. 725-733); O. Nordenskjold, *Die Geologischen Beziehungen zwischen Südamerika und der umgrenzenden Antarktika* (Id., C. R. XIe Session, Stockholm, 1910, 2e fasc., p. 759-765).]

3. Ch. Darwin, *Geological Observations on the Volcanic Islands and Parts of South America*, 2d ed. In-8°, London, 1876, p. 440, 441.

4. J. G. Andersson, *Antarcticexpeditionens arbeten på Falklandsöarne och Eldslandet 1902* (Ymer, XXII, 1902, p. 515-528, 2 fig.); du même, *Contributions to the Geology of the Falkland Islands* (Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition, 1901-1903, unter Leitung von O. Nordenskjöld, III, n° 2, 1907, 38 p., 6 pl., 3 cartes, 16 fig.; en particulier p. 13); A. G. Nathorst, *Phyllotheca-Reste aus den Falkland-Inseln* (Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, VII, 1904-05, p. 72-76, pl. 7, 1906; et Geol. Fören. Stockholm Förhandl., XXX, 1908, p. 202-204); E. A. N. Arber, qui a suivi la même flore dans l'Argentine jusqu'au 40e degré de lat. S., a reconnu cette analogie.

Halle a également découvert, au-dessous de cet horizon, le conglomérat glaciaire de Talchir[1].

Ainsi, les Iles Falkland (fig. 306) sont un fragment d'un ancien continent, comparable au Brésil et à l'Afrique Australe, mais en même temps tout à fait différent de la Cordillère des Andes, de même aussi que de la côte orientale de la Patagonie au Sud de la Sierra de la Ventana, autant du moins qu'on la connaît aujourd'hui.

FIG. 306. — Carte géologique des Iles Falkland ou Malouines, d'après Thore G. Halle (*Bull. Geol. Inst., University of Upsala*, XI, 1910, pl. 10, 1912.)

1. Archéen?; 2. Dévonien; 3. Permo-carbonifère (*Lafonian*); 4. Conglomérat glaciaire ou *Tillite* (idem); 5. Gisements de fossiles; 6. Failles. — Échelle de 1 : 2 000 000. Le trait ponctué indique la ligne de 25 brasses.

A partir de l'Ile des États s'étend, sur une longueur de quelques centaines de kilomètres, le *Banc de Burdwood*. Il n'est pas large et se dirige d'abord à l'E.N.E., puis à l'E., et enfin, par une légère inflexion, au S.E. Étant donnée sa situation, il serait assez naturel de le considé-

[1. Voir les travaux suivants de Thore G. Halle : *Geologiska arbeten* (in : C. Skottsberg, *Den Svenska Magellansexpeditionen på Falklandsöarna*; Ymer, XXVIII, 1908, p. 107-110); *Note on the Geology of the Falkland Islands* (Geol. Mag., Dec. 5, V, 1908, p. 264-265); et surtout *On the Geological Structure and History of the Falkand Islands* (Bull. Geol. Inst., Univ. of Upsala, XI, 1910, p. 115-220, 27 fig. dans le texte, pl. 6-10, dont 1 carte géol., 1912).]

rer comme le prolongement de l'Ile des États. Par 54° 18′ de lat. S. et 60° de long. W., non loin du point où les cartes de l'Amirauté anglaise signalent un « danger », Burdwood Rock, Ross le jeune a atteint avec la sonde, à 44 mètres, une crête étroite de roches volcaniques, s'étendant de l'E. à l'W., et présentant des pentes raides au N. et au S.; plus à l'Est, ce navigateur a également rencontré, par 54° 41′ de lat. S. et 55° 12′ de long. W., et à une profondeur de 489 mètres, un sable noir et des pierres volcaniques. Moreno remarque que, dans le Sud de la Patagonie, on rencontre sur le rivage atlantique des blocs de lave basaltique et aussi, dans leur voisinage, des cendres, qui proviennent peut-être d'éruptions sous-marines [1].

On se souvient que, dans la Baie de Nassau, la direction marquée par le Cap Horn s'éloigne de la ligne qui se dirige vers l'Ile des États; c'est là que se trouve le cône volcanique du Mont Oreille.

Les données sur *Diego Ramirez* semblent indiquer que cette île est constituée par de la diorite; d'après un autre document, il y aurait là des laves phorphyriques [2]. Le groupe isolé des *Shag Rocks* (53° 49′ de lat. S., 43° 26′ de long, W.) n'est pas situé dans le prolongement du Banc de Burdwood, mais au N.E. de celui-ci; il appartiendrait donc à une autre coulisse. L'expédition suédoise de 1902 s'est approchée de ces écueils; mais ils ne paraissent avoir été foulés jusqu'ici par aucun être humain [3].

La *Géorgie du Sud* a été décrite par Thürach comme un fragment d'une chaîne de montagnes haute de 2 000 mètres, aux flancs abrupts, violemment plissée. On y trouve des gneiss phylliteux, des schistes argileux et des quartzites, des diabases et des spilites à cassure conchoïde. Ces roches s'orientent au N.W., suivant la direction de l'Ile; par là, aussi bien que par sa forme et par sa situation, la Géorgie du Sud rappelle si bien les tronçons de la Cordillère des Antilles que Fricker l'a comparée à Porto-Rico et à Haïti. Les collections d'Andersson ont fourni, d'après O. Nordenskjöld, des phyllades, des roches porphyriques (vraisemblablement des tufs) et des porphyrites métamorphisées par pression.

La Géorgie du Sud n'est pas située non plus dans le prolongement du Banc de Burdwood; on pourrait beaucoup plutôt imaginer une jonction en arc de cercle avec les Shag Rocks [4].

1. Sir James Clark Ross, *A Voyage of Discovery and Research in the Southern and Antarctic Regions*. In-8°, 1847, II, p. 281, 315; F. P. Moreno, Geogr. Journ. London, XIV, 1899, p. 253, 369.

2. Hyades a réuni les documents qui concernent cette île (*Mission du Cap Horn, Géologie*, p. 8 et 22).

3. J. G. Andersson, Ymer, XXII, 1902, p. 410; O. Nordenskjöld, *Petrographische Untersuchungen aus dem westantarktischen Gebiete* (Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, VI, 1902-03, p. 234-246, pl. 11 : carte, 1905; en particulier p. 245).

4. H. Thürach, *Geognostische Beschreibung der Insel Süd-Georgien* (Ergebnisse der Deutschen Polar-Expedition, II, Abth. 7, 1882. In-8°, 58 p.); K. Fricker, *Antarktis* (Bibliothek der

Je ne possède malheureusement pas de données récentes sur les Iles *Sandwich du Sud* ; Cook et Bellingshausen ont supposé, d'après la configuration de ces îles, qu'elles étaient de nature volcanique : pour Savadovsky, c'est un fait établi, mais pour les autres îles la preuve directe manque [1]. En tout cas, la représentation cartographique qu'en a donnée Dumont d'Urville est toute différente de celle des tronçons de Cordillères, qui sont étendus et élevés, et découpés par de nombreux fjords. Sur un long arc de cercle, qui s'incurve légèrement vers l'Est, émergent, à des distances sensiblement égales, des îles de dimensions analogues, comme c'est le cas dans les Antilles pour Montserrat et Saint-Vincent, par exemple. Seule l'Ile Lieskov demeure à l'écart. Dans les Iles *Orcades du Sud* (jusqu'au-dessus de 1 600 mètres), Pirie a rencontré des grauwackes et des quartzites, des conglomérats et des schistes noirs. Ces dernières roches ont livré, dans la partie orientale de l'archipel, près du Cap Dundas, un Graptolite et des traces d'un Phyllocaridé (Graptolite Island). Les couches sont plissées, et leur direction est N.W. ou N.N.W. Pirie suppose également qu'il s'agit là d'un fragment d'une chaîne plissée plus vaste, qui aurait relié la Patagonie à la Terre de Graham. La carte de l'Ile Laurie par Bruce montre de longues presqu'îles, perpendiculaires à l'orientation générale de l'île; peut-être sont-elles parallèles à la direction des couches [2].

Ces données ne paraissent guère concorder avec le plan d'ensemble que nous discutons ici. Néanmoins, Andersson estime qu'il y a lieu d'admettre une jonction avec le groupe des Shetland du Sud. On y remarquerait réellement, à l'extrémité orientale, une déviation vers l'E.S.E. [3].

Approchons-nous maintenant des masses continentales plus étendues de la région antarctique [4].

Länderkunde, herausgeg. von A. Kirchhoff und R. Fitzner, I). In-8°, Berlin, 1898, p. 110; J. G. Andersson, *Antarctics vinterexpedition till Syd-Georgien* (Ymer, XXII, 1902, p. 409-421, 8 fig.).

1. F. v. Bellinghausens *Forschungsfahrten im Südlichen Eismeer 1819-21*; auf Grund des russ. Originalwerkes herausgegeben vom Verein für Erdkunde zu Dresden (durch H. Gravelius). In-8°, 1902, p. 57 et suiv. Voir aussi F. Lowe, ouvr. cité ci-dessus, p. 1344, note 3.

2. J. H. Harvey Pirie, *Note on the Geology of the South Orkneys* (Scottish Geogr. Mag., XX, 1904, p. 130, 131); le même, *On the Graptolite-bearing Rocks of the South Orkneys* (Proc. Royal Soc. Edinburgh, XXV, 1905, p. 463-470); et W. S. Bruce, *Preliminary Map of Laurie Island, South Orkneys* (Scottish Geogr. Mag., XXI, 1905, p. 322).

3. J. G. Andersson, *On the Geology of Graham Land*, p. 32.

[4. Pour un tableau de l'Antarctide Américaine et un historique des voyages qui ont eu son exploration pour objet, consulter le beau volume de O. Nordenskjöld, *Die Schwedische Südpolar-Expedition und ihre geographische Tätigkeit*. In-4°, 232 p., 59 fig., 16 pl., 3 cartes, Stockholm, 1911 (Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedichen Südpolar-Expedition 1901-1903, unter Leitung von O. Nordenskjöld, Bd. I, Lief. I). Voir aussi son exposé populaire : *Polarvärlden och den grannländer*. In-8°, VII-215 p., Stockholm, 1907 (trad. allemande : *Die Polarwelt und ihre Nachbarländer*. In-8°, Leipzig-Berlin, 1909, p. 70-136; trad. française par G. Parmentier et M. Zimmermann : *Le Monde Polaire*. In-8°, Paris, 1913, p. 119-194); et ses articles : *Ueber die Natur der Polarländer* (Geogr. Zeitschr., Leipzig, XIII, 1907, p. 465-478,

Leur domaine, sous la forme d'un arc légèrement convexe au N.W., s'étend vers le S.S.W. sur plus de sept degrés de latitude, et sa largeur augmente également dans cette direction. Les neiges et les glaces couvrent tout le pays [1], sauf les parties qui sont trop abruptes et sauf quelques volcans actifs. De longues étendues de côtes sont inabordables à cause de la barrière des glaces, mais il y a une telle différence entre les contours de la Cordillère, découpée de fjords et d'eyden, et ceux des montagnes volcaniques isolées, affectant la forme de cônes, que, devançant l'observation directe, mainte hypothèse a pu être formulée, qui plus tard s'est vue confirmée par de nouvelles découvertes. C'est ainsi, en particulier, que H. Reiter a pu déjà supposer qu'il existait deux alignements volcaniques distincts.

Les Iles *Shetland du Sud* forment une chaîne rocheuse, élevée et étroite, sur laquelle je ne possède qu'un petit nombre de données, mais que l'on considère en général comme un tronçon d'une Cordillère [2]. Dans l'Ile Nelson, Nordenskjöld signale une porphyrite verdâtre. La description faite par Larsen de la traversée du détroit compris entre les Iles Greenwich et Livingston permet de croire qu'il y existe des nappes de basalte columnaire. Geikie signale dans les Shetlands du Sud, de même que dans la Terre de Graham, de puissants épanchements de basalte, analogues à ceux du Grœnland et des Færöer [3]. Au Sud-Est

557-568, 614-627, 676-687); voir, en outre, J. Machat, *La question antarctique d'après les voyages exécutés vers le pôle Sud depuis 1898, I. Histoire des Expéditions; II. Les résultats scientifiques* (Revue générale des Sc., XIX, 1908, p. 527-537, 561-572, 13 fig. dont 2 cartes); J. Charcot, *Le Pourquoi-Pas? dans l'Antarctique. Journal de la Deuxième Expédition au Pôle Sud.* In-8°, VII-430 p., nombreuses fig., 3 pl. cartes, Paris, 1910; J. Charcot, *Deuxième Expédition Antarctique Française (1908-1910). Sciences physiques. Documents scientifiques. Cartes*, 1 portefeuille in-4° contenant 11 feuilles, Paris, 1912 (Ouvrage publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique). Pour des indications bibliographiques complémentaires, voir ci-dessus, p. 1008 et 1011, notes.]

[1. Voir *Expédition Antarctique Belge. Résultats du Voyage du S. Y. « Belgica » en 1897-1898-1899, sous le commandement de* A. de Gerlache de Gomery; *Rapports scientifiques.* H. Arctowski, *Géologie. Les Glaciers. Glaciers actuels et vestiges de leur ancienne extension.* In-4°, p. 1-74, pl. I-XVIII : phot., Anvers, 1908; et *Océanographie. Les Glaces. Glaces de mer et banquises*, p. 1-55, pl. I-VII, 1908; Id., *Géologie. Petrographische Untersuchungen der Gesteinsproben.* I. Theil, von A. Pelikan, 1909, 50 p., 2 pl., Teil II, von D. Sistek, 1912, 20 p., 1 pl.; E. Gourdon, *Expédition Antarctique Française, 1903-1905, commandée par le* Dr Charcot. *Géographie physique, Glaciologie, Pétrographie.* In-4°, Paris, 1908 (voir, pour les glaciers, p. 71-139, pl. I-XI : phot.); O. Nordenskjöld, *Ueber die Natur der Westantarktischen Eisregionen* (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1908, p. 614-624, 2 pl. phot.). — Pour un spécimen de levé à grande échelle, montrant l'allure des glaciers sur la côte occidentale de la Terre de Graham, voir, dans le recueil des Cartes faisant partie des Documents scientifiques de la *Deuxième Expédition Antarctique Française* (J. Charcot), la pl. IV : Environs de la Station d'hivernage. Plan dressé par le lieutenant de vaisseau Bongrain, 1 : 66 666 (s'étend de la Baie Deloncle à la Baie Beascochea, au S. de 65°).]

[2. Voir la carte : *Océan Glacial Antarctique. Shetlands du Sud et Côte Nord de l'Antarctide Sud-Américaine.* Dressée par le lieutenant de vaisseau Bongrain (*Deuxième Expédition Antarctique Française. Documents scientifiques.* Cartes, Paris, 1912, pl. XI).]

3. J. Petersen, *Reisen des « Jason » und der « Hertha »*, p. 24; Arch. Geikie, Proc. Royal

de cette chaîne insulaire, il existe des volcans. On suppose que l'*Ile Clarence*, qui est élevée et a la forme d'un cône, est un volcan. L'*Ile Bridgman* a été vue en éruption. L'*Ile Déception* est un immense cratère unique; le bassin de forme ovale que la mer remplit est, d'après la carte de Kendal, long de plus de 11 kilomètres et large de 5 à 6 [1]. On a supposé aussi pour l'*Ile Hoseason* qu'elle était d'origine volcanique.

Tous ces points sont dans la direction du Détroit de Bransfield, et au Sud-Est de ce détroit se trouvent les traces les plus étendues des chaînes de montagnes antarctiques. Peut-être est-ce à partir de l'Ile Weddell que la chaîne se poursuit, à travers les Iles *Joinville* et *Dundee*, jusqu'à la *Terre Louis-Philippe*; celle-ci, comme on le sait maintenant, se relie par la *Terre Danco* et la *Terre de Foyn* à la *Terre de Graham*, et constitue l'extrémité Nord-Est de cette longue étendue de territoire montagneux [2].

De l'Ile Dundee, le capitaine Robertson a rapporté du granite et un caillou roulé de jaspe contenant des Radiolaires [3]. Le Détroit de l'Antarctic, qui sépare l'Ile Joinville de la Terre Louis-Philippe, est d'un intérêt particulier. Sur sa rive occidentale, dans la Baie de l'Espérance, J. G. Andersson a vécu pendant huit mois; il a dressé une carte géologique des côtes. C'est dans cette région qu'O. Nordenskjöld a fait connaître la réapparition du groupe andin des granodiorites de la Patagonie australe et que Nathorst a signalé l'existence, par 63° 15′ de lat. S., d'une flore jurassique; cette flore ressemble à la flore jurassique de l'Europe et de l'Inde et ne témoigne, relativement au Yorkshire, par exemple, d'aucune différence climatique. On y voit également apparaître des Filicinées d'eau douce (*Sagenopteris*). Des tufs volcaniques de couleur claire recouvrent cet ensemble. Les moraines trahissent la présence de diorite quartzifère, de gabbro et de porphyrite à augite [4].

Soc. London, LXII, 1898, p. 448. On ne voit pas bien pourquoi Miers a supposé qu'il existait des schistes à hornblende à l'extrémité Nord des Shetlands du Sud (Edinburgh Phil. Journ., III, 1820, p. 379).

1. W. H. B. Kendal, Journ. R. Geogr. Soc., I, 1830-31, p. 62-66, carte; Webster décrit des lits alternants de cendre et de glace, et signale l'émission de vapeurs chaudes sur le rivage à la marée basse (*Narrative of a Voyage to the Southern Atlantic Ocean in 1828-30*. In-8°, 1834, I, p. 144-165, et II, p. 300-306). Kendal et Webster prirent part au voyage du « *Chanticleer* », exécuté sous la direction du capitaine Foster; Foster se noya, au retour, dans le Rio Chagres. [Voir aussi la carte de l'Ile Déception, dressée à 1 : 50 000 par le lieutenant de vaisseau Bongrain, dans le recueil des Cartes de la *Deuxième Expédition Antarctique Française*, pl. X.]

[2. On sait aujourd'hui, grâce aux travaux des deux missions dirigées par le Dr J. Charcot, que ce complexe de terres se poursuit vers le Sud-Ouest, au moins jusqu'à 70° de lat. S., par les Terres Loubet, Fallières et Alexandre Ier, c'est-à-dire sur plus de sept degrés de latitude.]

3. Arch. Geikie, *Notes on some Specimens of Rocks from the Antarctic Regions. With Petrographical Notes by* J. J. H. Teall (Proc. Royal Soc. Edinburgh, XXII, 1897-98, p. 66-70).

4. O. Nordenskjöld and J. G. Andersson, *The Swedish Antarctic Expedition* (Geogr. Journ.,

Les îles situées en avant de la côte orientale, entre 63° 30′ et 64° 30′ de lat. S., contrastent avec la masse montagneuse qu'est la Terre Louis-Philippe; elles représentent les fragments d'un plateau sédimentaire, sur lequel sont installés des volcans récents. Ce sont, d'après Nordenskjöld et Andersson, la grande *Ile James Ross*, avec le *Mont Haddington* (2 150 m.); au Nord de celle-ci, l'Ile *Vega*; au Sud-Est de la même, par delà le Détroit de l'Amirauté, les Iles *Seymour* et *Snow Hill* et, dans le détroit lui-même, les petites Iles Cockburn et Lockyer.

Le Mont Haddington, d'après Ross, culmine au-dessus de trois puissantes terrasses volcaniques. Sur tout le pourtour, les sédiments horizontaux affleurent au-dessous des laves et constituent toute l'Ile Seymour, et probablement aussi l'Ile Snow Hill. Ils renferment des Mollusques marins du Sénonien (en particulier *Holcodiscus*); Stuart Weller fait ressortir les affinités de cette faune avec celle de l'étage d'Ariyalur dans l'Inde et celle du Sénonien du Détroit de Magellan. Kilian aboutit à des conclusions analogues; il suppose des relations de la faune indienne et de la faune atlantique par le Sud, d'accord en cela avec Kossmat et aussi avec Paulcke et Wilckens[1].

De l'Ile Seymour, Larsen et Donald ont, depuis longtemps déjà, rapporté des Mollusques tertiaires; d'après Sharman et Newton, l'âge de ce gisement serait probablement éocène; c'est également l'opinion de Wyman, qui a décrit des vertèbres de Zeuglodontes et une remarquable diversité de restes d'Oiseaux analogues aux Pingouins, le tout provenant de l'Ile Seymour[2].

London, XXIII, 1904, p. 207-220, 1 carte dans le texte), [et *Résultats scientifiques de l'Expédition Antarctique Suédoise, 1901-1903* (*La Géographie*, Paris, X, 1904, 2e sem., p. 351-362, fig. 34-40)]; O. Nordenskjöld, *Petrographische Untersuchungen aus dem westantarktischen Gebiete* (Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, VI, 1902-03, p. 234-246, pl. 11 : carte); A. G. Nathorst, *Sur la flore fossile des régions antarctiques* (C. R. Acad. Sc., CXXXVIII, 1904, 1er sem., p. 1447-1450). [Voir aussi A. G. Nathorst, *On the Upper Jurassic Flora of Hope Bay, Graham Land* (Congrès Géol. Internat., C. R. Xe Session, Mexico, 1906, 2e fasc., p. 1269-1270); et surtout le mémoire de T. G. Halle, *The Mesozoic Flora of Graham Land* (Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwed. Südpolar-Exped. 1901-1903, III, Lief. 14). In-4°, 123 p., 9 pl. Stockholm, 1913.]

1. Stuart Weller, *The Stokes Collection of Antarctic Fossils* (Journ. of Geol., XI, 1903, p. 413-419, pl. I, II); W. Kilian, *Sur une faune d'Ammonites néocrétacées recueillie par l'Expédition Antarctique Suédoise* (C. R. Acad. Sc., CXLII, 1906, 1er sem., p. 306-308). [La faune crétacée des îles Snow Hill et Seymour a été décrite en détail dans le t. III de l'ouvrage : *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903, unter Leitung von Dr.* O. Nordenskjöld (in-4°) par : A. Smith-Wodward, *Fossil Fish-Remains* (Lief. 4, 4 p., 1 pl., 1908); J. Felix, *Fossile Korallen* (Lief. 5, 15 p., 1 pl., 1909); W. Kilian et P. Reboul, *Céphalopodes néocrétacés* (Lief. 6, 75 p., 20 pl., 1909); S. S. Buckman, *Antarctic Fossil Brachiopoda* (Lief. 7, 40 p., 3 pl., 1910); R. Holland, *Fossil Foraminifera* (Lief. 9, 12 p., 2 pl., 1910); J. Lambert, *Échinides fossiles* (Lief. 11, 15 p., 1 pl., 1910); O. Wilckens, *Anneliden, Bivalven und Gastropoden der Antarktischen Kreideformation* (Lief. 12, 132 p. 4 pl., 1910). — Pour la flore des mêmes gisements, voir W. Gothan, *Fossile Hölzer* (Ibid., Lief. 8, 33 p., 2 pl., 1908).]

2. Donald, Geogr. Journ., II, 1893, p. 438, et Arch. Geikie, Ann. Rept. Geol. Survey of the United Kingdom for the year 1893, p. 273; G. Sharman and E. T. Newton, *Notes*

On suppose que dans l'Ile Joinville le cône *Percy* (1 128 m.) est d'origine volcanique; l'Ile *Paulet*, au Sud-Est de Dundee, est un cratère présentant du basalte à olivine[1]. L'Ile *Cockburn*, dans le Détroit de l'Amirauté, est probablement un volcan; on y connaît toutefois aussi des sédiments récents à Pectens[2]; Nordenskjöld regardait de même le Mont Haddington comme un grand cratère. L'Ile *Christensen* a été escaladée par Larsen; c'est un volcan, dont les roches, d'après Petersen, sont des basaltes feldspathiques. Larsen a trouvé l'Ile *Lindenberg* en éruption; les petites *Iles des Phoques* sont également considérées comme volcaniques[3].

Cette zone volcanique est située à l'Est de la Terre de Graham (fig. 307), qui, par ses contours, se révèle d'une manière si frappante comme la réplique des Andes de Patagonie. L'expédition Charcot n'a rapporté du Détroit de Gerlache, par conséquent de la partie occidentale de la Terre de Graham, de 64° 5′ à 65° 5′, que du granite, de la diorite quartzifère et des roches volcaniques[4].

Ces données comportent, dans l'ensemble, de nombreuses lacunes; elles autorisent déjà, cependant, toute une série de conclusions.

En faveur des premières hypothèses de Barrow et des aperçus plus

on some additional Fossils collected at Seymour Island, Graham's Land, by Dr. Donald and Capt. Larsen (Proc. Royal Soc. Edinburgh, XXII, 1897-98, p. 58-61, 1 pl.); C. Wiman, *Vorläufige Mitteilung über die alttertiären Vertebraten der Seymourinsel* (Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala, VI, 1902-03, p. 247-253, pl. XII, 1905). [Voir aussi, au t. III des Résultats scientifiques de l'Expédition Antarctique Suédoise, les mémoires suivants : C. Wiman, *Die alttertiären Vertebraten der Seymour-Insel* (Lief. 1, 38 p., 8 pl., 1905); P. Dusén, *Ueber die Tertiäre Flora der Seymour-Insel* (Lief. 3, 27 p., 4 pl., 1908); O. Wilckens, *Die Mollusken der Antarktischen Tertiärformation* (Lief. 13, 42 p., 1 pl., 1911).]

1. Capt. Robertson, dans Arch. Geikie, Proc. Royal Soc. Edinburgh, XXII, 1897-98, p. 66.

[2. Voir A. Hennig, *Le conglomérat pléistocène à Pecten de l'Ile Cockburn* (Wissenschaftl. Ergebnisse der Schwed. Sudpolar-Exped., III, Lief. 10). In-4°, 73 p., 5 pl. Stockholm, 1911.]

3. Petersen, *Reisen des « Jason » und der « Hertha »*, etc. p. 18 et 31; Friederichsen, ibid., p. 59.

4. E. Gourdon, *Les roches éruptives grenues de la Terre de Graham recueillies par l'Expédition antarctique du* Dr J. Charcot (C. R. Acad. Sc., CXLI, 1905, 2e sem., p. 1036-1038), et *Les roches microlitiques grenues de la Terre de Graham* (Ibid., CXLIII, 1906, 2e sem., p. 178-180); cartes dans *La Géographie*, XIV, 1906, 2e sem., p. 245 et suiv., pl. 4. — L'ouvrage principal ne m'est malheureusement parvenu qu'après l'impression des pages précédentes. Comme résultat important, on peut noter qu'un granite analogue à la monzonite et une diorite quartzifère occupent une partie notable de la région de l'Ouest. La seconde de ces roches, en particulier, règne presque exclusivement de Hoseason (63°45′ de lat. S.) jusqu'au Sud de l'Ile de Lund (65°25′); il est probable qu'elle forme la plus grande partie de l'Archipel de Palmer, des Iles Wiencke et Wandel et de la côte occidentale de la Terre de Graham. Gourdon en déduit la parenté des roches dioritiques de l'Alaska, de la Californie et des Andes; *Expédition Antarctique Française (1903-1905), commandée* par le Dr Charcot. E. Gourdon, *Géographie physique, Glaciologie, Pétrographie*. In-4°, VIII-214 p., 11 pl., 1 carte géol. à 1 : 1 000 000, Paris, 1908 (renferme une « Bibliographie Antarctique »); voir en particulier p. 149, 152, 204. Ainsi, la bande granodioritique se poursuit en longues cicatrices, à travers les Montagnes Intermédiaires, jusque dans l'extrême Sud. [Voir en outre la note préliminaire de E. Gourdon, *Sur les régions explorées dans l'Antarctique par les deux Missions Charcot* (Congrès Géol. Internat., C. R. de la XIe Session, Stockholm, 1910, 2e fasc., p. 813-816).]

complets de Reiter relativement aux rapports de la Terre de Graham avec l'Amérique du Sud, Andersson cite trois arguments : 1° les contours et l'orographie de l'extrémité méridionale de l'Amérique du Sud et

FIG. 307. — Carte géologique de la Terre de Graham et des îles voisines, d'après J. Gunnar Andersson (*Bull. Geol. Instit. Univ. of Upsala*, VII, 1904-05, pl. 4).

1. Terrains plissés et roches éruptives anciennes; 2. Série de Snow Hill et de l'Ile Seymour; 3. Série de l'Ile Ross (tufs basaltiques et laves). — Échelle de 1 : 5 000 0000.

de la Terre de Graham se ressemblent tellement, qu'on peut se représenter l'un des continents comme le reflet de l'autre; 2° la structure géologique est strictement symétrique; 3° la série des couches marines du Crétacé supérieur et du Tertiaire est la même en Patagonie et dans la

Terre de Graham : on voit se répéter dans les deux régions, en particulier, l'horizon supracrétacé que caractérise *Lahillia Luisæ*.

Nous croyons pouvoir aller plus loin, en particulier sur les points suivants :

a) Les *Iles Falkland* possèdent une série sédimentaire qui est argentino-brésilienne; l'allure, plissée ou non, des couches de Gondwana permettra de décider s'il y a lieu de rapprocher plutôt ces îles, soit des Précordillères Argentines, soit du Massif Brésilien. En aucun cas, ce n'est la série sédimentaire de la Cordillère des Andes.

b) Quand on pénètre vers l'intérieur, on rencontre, en Patagonie, la plaine crétacée et tertiaire. A cette zone correspondent, dans le Sud, les Iles *Snow Hill* et *Seymour*.

c) Les volcans de l'*Archipel de Ross* (Paulet, Haddington, Christensen, etc,) peuvent être comparés aux volcans qui se dressent en avant des Andes de Patagonie, en particulier entre 47° et 48° (Cerro Colorado, Monte Belgrano, etc.), volcans qui, plus au Nord, ont été désignés aussi sous le nom de Préandes.

d) Dans le Nord de la *Terre de Graham*, on voit se marquer clairement deux caractères essentiels des Andes Occidentales, à savoir la diversité des roches éruptives andines et la présence d'une flore terrestre mésozoïque. Par 27° 15′ (La Ternera) et par 40° (Piedra Pintada), cette flore est liasique; ici, elle appartient au Jurassique moyen.

e) On ne saurait prouver qu'il existe un lien de continuité entre les traces volcaniques très éloignées les unes des autres que représentent le Banc de *Burdwood*, l'arc volcanique des Iles *Sandwich du Sud* et les volcans du *Détroit de Bransfield* (Bridgman, Deception, etc.). Les Iles Sandwich du Sud acquièrent une ressemblance, souvent signalée déjà, avec les volcans des Petites Antilles.

Les connaissances actuelles ne permettent guère d'aller encore plus loin. On ne doit pas oublier que l'Ile des États et le Cap Horn ne possèdent pas une direction absolument concordante, et que le Mont Oreille indique peut-être le début d'une nouvelle zone volcanique, qui se relierait même peut-être mieux avec les Iles Sandwich du Sud qu'avec le Banc de Burdwood. Arctowski note également, à peu de distance au Sud de l'Ile des États, une profondeur de — 4 040 mètres. Quant aux rapports de continuité entre les autres groupes, comme la Géorgie du Sud, les Orcades du Sud et les Shetlands du Sud, c'est là une question qui doit demeurer ouverte.

La carte bathymétrique dressée par Bruce (fig. 308) montre toutes les îles dont nous venons de parler, et avec elles la Patagonie et la Terre de Graham, installées sur un socle commun, disposé en arc de cercle; elle les figure toutes comme entourées par la courbe de 1 500 brasses

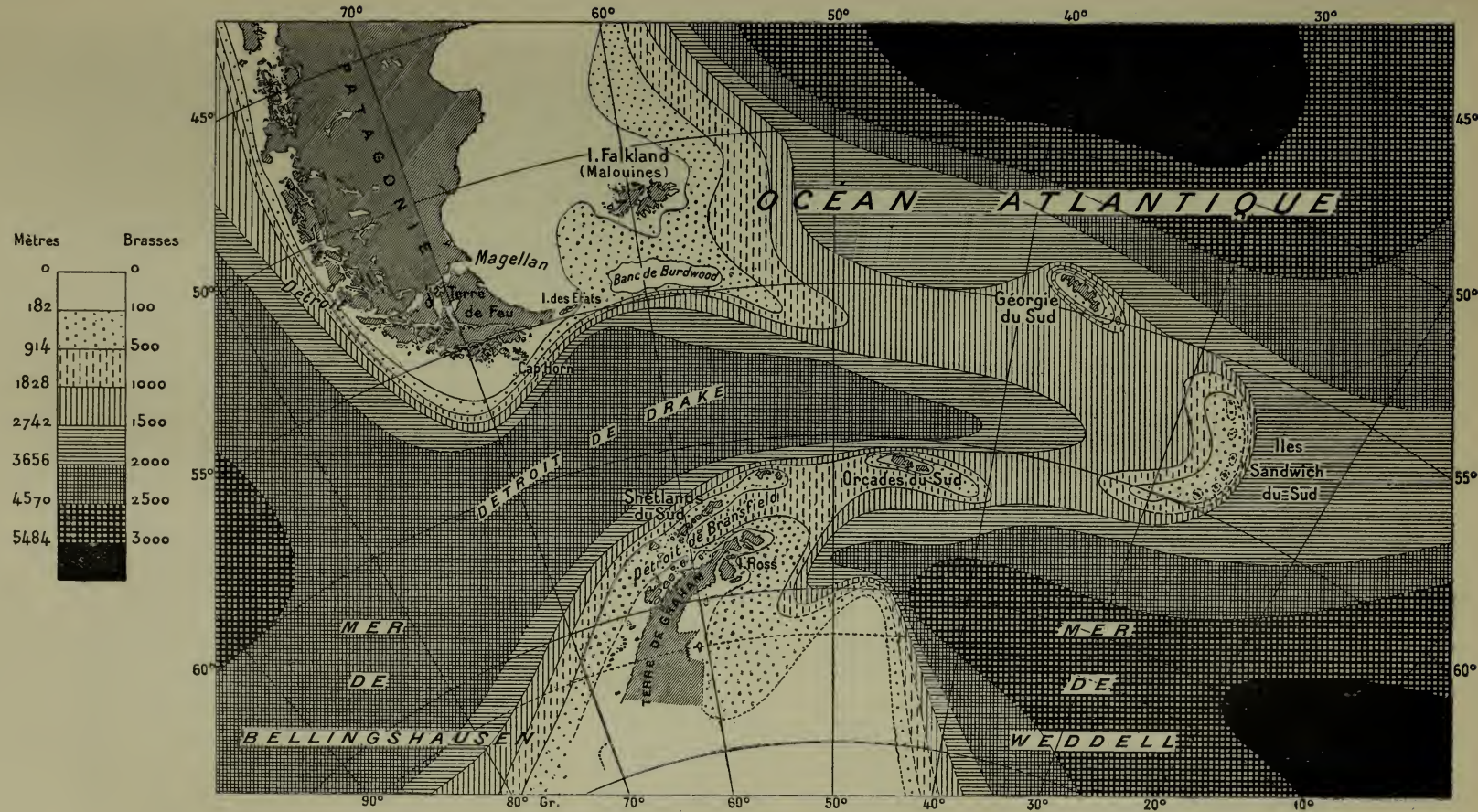


FIG. 308. — Carte bathymétrique de l'Antarctide Américaine, d'après W. S. Bruce (*Scottish Geogr. Magazine*, XXI, 1905, pl. faisant face à la p. 456).

Échelle de 1 : 25 000 000.

(2 742 m.), tandis qu'en venant de l'Ouest, de plus grands fonds occupent l'intérieur de l'arc et qu'encore au Nord des Iles Orcades du Sud, la sonde atteint — 4 219 mètres. Des profondeurs analogues s'étendent jusqu'au Sud de l'Ile des États. Déjà, Grange supposait que les Shetlands du Sud et les îles plus petites, jusqu'à l'Ile de l'Éléphant, appartiennent à une même chaîne de hauteurs, dessinant une courbe parallèle à celle de la Terre de Graham. Cette hypothèse est confirmée par la carte bathymétrique, d'après laquelle les Iles Orcades du Sud sont, elles aussi, tout comme la Terre de Graham, enveloppées par la courbe de 1 000 brasses [1828 m.] [1].

A l'Est des Iles Sandwich du Sud, les sondages font défaut. Peut-être doit-on s'attendre à trouver ici une avant-fosse, analogue à celle qui s'étend à l'extérieur d'une partie des Antilles.

On peut considérer comme solidement établi que, dans ces régions, *l'édifice pacifique s'avance pour la seconde fois dans le domaine atlantique.* Au Sud-Est, dans la direction de la Terre de Coats [2], on peut conjecturer qu'il existe un avant-pays, dont la situation tectonique serait analogue à celle du Massif Brésilien.

Résumé général. — Dans un passage précédent (II, p. 334), nous avons dit qu'à l'exception de la côte du Guatemala, qui s'infléchit vers les Antilles, toutes les régions limitrophes de l'Océan Pacifique connues avec quelque détail sont plissées dans la direction de cet Océan. C'est ce qu'indiquaient les connaissances dont on disposait à l'époque. On sait aujourd'hui que ce qui paraissait alors l'exception doit être plutôt considéré comme la règle.

Au Nord, la Chaîne du Saint-Élie est plissée dans la direction de l'Océan Pacifique; le même caractère prévaut encore dans le Nord de la Sierra Nevada californienne et dans certaines parties des Basin Ranges.

On n'observe déjà plus rien d'analogue dans les Coast Ranges de Californie. Dans les Sierras Mexicaines, le plissement est nettement dirigé vers l'Océan Atlantique; il en va de même plus au Sud, où ce caractère est toujours nettement accusé, en particulier dans les Andes Argentines.

1. W. J. Bruce, *Bathymetrical Survey of the South Atlantic Ocean and Weddell Sea* (Scottish Geogr. Mag., XXI, 1905, p, 402-412, carte, 5 fig.); J. Grange, *Voyage au Pôle Sud et dans l'Océanie sur les corvettes l'Astrolabe et la Zélée*; *exécuté pendant les années 1837-1840 sous le commandement de* M. J. Dumont-d'Urville, *Capitaine de vaisseau. Géologie, Minéralogie et Géographie Physique du Voyage.* 2 vol. in-8°, Paris, 1848-1854, I, p. 40. [La carte bathymétrique de M. Groll (*Der Atlantische Ozean*, Berlin, 1912) figure une solution de continuité dans le socle des « Antilles Australes » entre les Orcades du Sud et l'Archipel Sandwich (60° de lat. S., 40° à 50° de long W.) : un couloir, dont la profondeur atteint 4218 m., relierait le Détroit de Drake à la Mer de Weddell.]

[2. Et de la Terre du Prince-Régent Luitpold, découverte en 1912 par l'explorateur allemand W. Filchner, entre 76° et 78° de lat. S. et 29°-36° de long. W. (Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin, 1913, p. 1-17, fig. 1-5, pl. I : carte).]

Jusque dans les régions antarctiques, les chaînes de montagnes qui se déroulent le plus près de la côte pacifique se signalent par un faible développement de la série paléozoïque. Le Carbonifère supérieur seul apparaît sur quelques points des Andes; c'est seulement dans les parties qui font saillie sur l'alignement général, au Venezuela[1] et dans les Iles Orcades du Sud, qu'on a recueilli des fossiles siluriens. Ce n'est là, bien entendu, qu'un caractère négatif, que des découvertes ultérieures peuvent infirmer; mais une chose est sûre, c'est qu'au Mexique, dans le Honduras, au Chili et dans les Andes Antarctiques, des couches à empreintes végétales, dont l'âge est compris entre le Keuper et le Jurassique moyen, affleurent dans les chaînes de montagnes et attestent que le territoire correspondant était émergé pendant une partie de l'ère mésozoïque.

C'est seulement à l'Est de ces chaînes qu'on voit apparaître, dans l'Amérique du Sud, la longue zone de couches marines mésozoïques, comparable à la Chaîne Intermédiaire de l'Amérique du Nord, et avec elle la zone des cônes volcaniques géants. A l'Est de ces deux zones se montre la série des couches paléozoïques de l'Altaplanicie, de la Cordillera Real et des Andes Boliviennes et Argentines, où l'on ne connaît plus, à partir de l'étage de Gondwana, en certains endroits à partir du Culm, et jusqu'à la transgression supracrétacée, que des couches à plantes fossiles.

Nous pouvons donc parler maintenant de *deux chaînes d'Antilles* et placer, à côté des Antilles septentrionales, les Antilles australes (Sandwich du Sud), la Patagonie et la Terre de Graham reproduisant dans ce dernier groupe l'architecture du Guatemala et de l'ensemble Colombie-Venezuela. Ces deux chaînes d'Antilles, et spécialement les Antilles septentrionales, possèdent en propre certains caractères très nets des guirlandes insulaires de l'Asie; et l'on est tenté de considérer les Andes comme une répétition imparfaite du plan asiatique; l'avant-pays compris entre les deux chaînes d'Antilles (Argentine, Brésil) et qui, vers l'Est, formait obstacle à la propagation des mouvements horizontaux, serait la cause essentielle de ce développement incomplet.

Deux faits vont à l'encontre de cette hypothèse.

D'abord, la nature des chaînes situées du côté de l'Ouest : ces chaînes correspondent plutôt à un continent des époques triasique et jurassique, tandis que des couches marines du Crétacé supérieur reposent en discordance sur leur rivage occidental, à Quiriquina, par exemple[2].

[1. On a vu plus haut (p. 1293, note 2) que la présence du Silurien au Venezuela est controuvée.]

[2. Voir la monographie de O. Wilckens, *Revision der Fauna der Quiriquina-Schichten*

En outre, le long d'une grande partie de la côte occidentale, il existe des dépressions très profondes qu'on pourrait regarder comme des avant-fosses, mais qui, au rebours de toutes celles que l'on connaît en Asie, précèdent à l'Ouest une chaîne de montagnes plissée dans la direction de l'Est.

Agassiz a décrit très clairement ces dépressions.

Déjà loin au Nord, où la profondeur moyenne de l'Océan est d'environ — 2000 brasses (3656 m.), on remarque au voisinage de la côte occidentale de l'Amérique des trous isolés, d'une profondeur plus grande encore : c'est ainsi qu'on note par 20° de lat. N. — 4380 mètres, près de Manzanilla — 5120 mètres, près d'Acapulco — 5341 mètres, à l'Ouest et au large de la côte du Guatemala — 4572 mètres. Puis les profondeurs diminuent, dans la direction du large plateau qui porte l'Ile des Cocos et les Galapagos. Mais au Sud, les fosses reparaissent au voisinage de la côte occidentale. Au large du Callao, on trouve déjà des fonds de — 5869 mètres, plus au Sud de — 6867 mètres, puis de — 6542, et le « *Relay* », de la marine des États-Unis a signalé, entre Antofagasta et Copiapó, une longue dépression où ont été relevés — 7626, — 7635, et — 7507 mètres. Au large de Valparaiso, on a encore noté — 5651 mètres [1].

A l'Ouest de ces fosses sont situées les deux îles volcaniques anciennes de San Felix et de San Ambrosio ; au Sud de ces îles, le croiseur chilien « *Presidente Pinto* » a trouvé, sur une étendue de 760 kilomètres, des profondeurs si faibles qu'il est probable qu'une crête sous-marine, orientée à peu près N.-S., s'allonge dans la direction de l'Ile Juan Fernandez [2].

Il suffira provisoirement d'avoir signalé ces faits, qui sont en contradiction avec les phénomènes constatés en Asie.

(G. Steinmann, Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika, XI; Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. XVIII, 1904, p. 181-284, pl. XVII-XX, 1 fig.).]

1. A. Agassiz, *Report on the Scientific Results of the Expedition to the East Tropical Pacific* (Mem. Mus. Comparat. Zool. Harvard College, XXXIII, 1906, pl. I). Ces fosses orment la partie essentielle de ce que Van de Wiele nomme le « Bassin Préandin » ; C. van de Wiele, *La Méditerranée des Antilles et le Bassin Préandin considérés comme régions d'affaissement* (Bull. Soc. Belge de Géol., Bruxelles, XX, 1906, Mém., p. 83-161, pl. I ; carte). [Ces dépressions sont clairement indiquées sur les belles cartes à 1 : 40 000 000 de M. Groll : *Der Stille Ozean—Der Atlantische Ozean* (Veröffentlichungen d. Instituts f. Meereskunde, Berlin, Neue Folge ; A. Heft 2, 1912, pl. 3 et 1), et sur la *Carte générale bathymétrique des Océans* publiée par le Cabinet scientifique de S. A. S. le Prince de Monaco, 2e éd., feuille A'1, Paris, 1912 ; voir aussi F. de Montessus de Ballore, *Les Tremblements de terre. Géographie séismologique*. In-8°, Paris, 1906, p. 358, fig. 60.]

2. Quelques doutes ont été exprimés au sujet de ce résultat : voir A. Supan, *Die Bodenformen des Weltmeeres* (Petermanns Mitteil., XLV, 1899, p. 183). [Sur la nature pétrographique et l'histoire de ces îles, voir le rapport sommaire de P. D. Quensel, Ymer, Stockholm, XXVIII, 1908, p. 449-450), et son mémoire : *Die Geologie der Fernandezinseln* (Bull. Geol. Inst. Univ. of Upsala, XI, 1912, p. 252-290, pl. XII, XIII : phot., 16 fig. dans le texte).]

Or, comme la Terre Victoria a pu être rattachée au domaine atlantique, avec les volcans Erebus et Terror, puis l'Ile Auckland et le Sud de la Nouvelle-Zélande (III, 3e partie, p. 1008), il semble que la limite des domaines atlantique et pacifique puisse se dessiner au travers des régions antarctiques, de même qu'elle coupe les régions arctiques [1].

1. Sur ce point, voir J. W. Gregory, *The Work of the National Antarctic Expedition* (Nature, London, LXIII, 1900-1901, p. 609-612; carte de la p. 611), et *The Geology of South Victoria Land* (Ibid., LXXVII, 1907-1908, p. 561, 562).

GB
53
S814
t.3
pt.3

Suess, Eduard
La face dela terre

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 13 04 22 02 015 6